



TUGAS AKHIR - TM 141585

**OPTIMASI DAYA MOTOR 4 LANGKAH 250 CC
BERBAHAN BAKAR GAS PADA PUTARAN KONSTAN
DENGAN VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR DAN
BUKAAN KATUP (THROTTLE)**

**SAPTO WISASNO
NRP 02111445000035**

**Dosen Pembimbing
Ir. SUWARMIN, PE
NIP. 196103141987011001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



TUGAS AKHIR - TM 141585

**OPTIMASI DAYA MOTOR 4 LANGKAH 250 CC
BERBAHAN BAKAR GAS PADA PUTARAN KONSTAN
DENGAN VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR DAN
BUKAAN KATUP (THROTTLE)**

**SAPTO WISASNO
NRP 02111445000035**

**Dosen Pembimbing
Ir. SUWARMIN, PE
NIP. 196103141987011001**

**DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



FINAL PROJECT - TM 141585

**GAS FUELED FOUR STROKE 250CC
ENGINE POWER OPTIMATION ON
CONSTANT SPEED WITH VARIATION OF
FUEL PRESSURE AND OPENING VALVE
(THROTTLE)**

**SAPTO WISASNO
NRP 02111445000035**

**Academic Supervisor
Ir. SUWARMIN, PE
NIP. 19610314198711001**

**DEPARTEMENT OF MECHANICAL ENGINEERING
Faculty Of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute Of Technology
Surabaya 2018**

**OPTIMASI DAYA MOTOR 4 LANGKAH 250CC
BERBAHAN BAKAR GAS PADA PUTARAN
KONSTAN DENGAN VARIASI TEKANAN BAHAN
BAKAR DAN BUKAAN KATUP (THROTTLE)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SAPTO WISASNO
NRP. 02111445000035

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Suwarmin, PE
NIP. 196103141987011001 (Pembimbing)
2. Dr. Eng Unggul Wasiwitono, ST, M. Eng
NIP. 197805102001121001 (Penguji I)
3. Ari Kurniawan Saputra, ST, MT
NIP. 198604012015041001 (Penguji II)
4. Ir. Joko Sarsetiyanto, MT
NIP. 196106021987011001 (Penguji III)



SURABAYA

JULI, 2018

OPTIMASI DAYA MOTOR 4 LANGKAH 250CC BERBAHAN BAKAR GAS PADA PUTARAN KONSTAN DENGAN VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR DAN BUKAAN KATUP (THROTTLE)

Nama Mahasiswa : Sapto Wisasno
NRP : 02111445000035
Jurusan : Departemen Teknik Mesin FTI - ITS
Dosen Pembimbing : Ir. Suwarmin, PE

Abstrak

Bahan bakar adalah salah satu kebutuhan utama di dunia perindustrian, bahan bakar juga merupakan salah satu masalah penting yang perlu dihadapi dalam dunia perindustrian, terutama bahan bakar minyak seperti bensin dan solar. Kenaikan harga bahan bakar minyak memunculkan kesadaran bahwa selama ini dunia masih sangat tergantung pada sumber energi tersebut. Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki permasalahan krisis energi. Cadangan energi semakin hari semakin menipis. Sumber energi alternatif yang dapat dikembangkan salah satunya adalah bahan bakar gas berupa LPG (*Liquid Petroleum Gas*) yang merupakan salah satu gas bumi dengan cadangan cukup besar di Indonesia. Pada umumnya motor bakar seperti sepeda motor masih menggunakan bahan bakar berbentuk liquid yaitu bahan bakar gasoline. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian mengenai mesin motor berbahan bakar gasoline untuk dimodifikasi menggunakan bahan bakar gas LPG.

Pengujian dilakukan pada mobil Fin Komodo KD 250AT empat langkah berbahan bakar bensin yang dimodifikasi menjadi berbahan bakar gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) 3 Kg yang diproduksi oleh Pertamina. Mesin mobil bensin harus dimodifikasi agar bisa bekerja menggunakan bahan bakar gas LPG yaitu dengan cara penambahan konverter kit pada saluran intake. Tujuan pengujian adalah mencari pengaruh tekanan bahan bakar gas LPG untuk mendapatkan komposisi campuran yang paling ideal pada

mesin mobil komodo. Metode yang dilakukan dengan cara membandingkan tekanan gas masuk ke ruang bakar pada variasi bukaan throttle tertentu dan dibaca performanya dengan dynotest.

Dari hasil pengujian optimasi daya motor 4 langkah 250cc berbahan bakar gas pada putaran konstan dengan variasi tekanan bahan bakar dan bukaan katup (throttle) ini didapat data berupa trend laju konsumsi bahan bakar gas LPG tertinggi terjadi pada setting tekanan 20 mbar dengan laju konsumsi bahan bakar minimum 0,5851 kg/jam dan maksimum 5,7923 kg/jam, sedangkan Trendline laju konsumsi bahan bakar gas LPG terendah terjadi pada setting tekanan 5 mbar dengan laju konsumsi bahan bakar minimum 0,5851 kg/jam dan maksimum 4,7717 kg/jam. Putaran optimum tertinggi didapat dari setting tekanan 20 mbar pada bukaan throttle 78% dan diperoleh putaran 9800 rpm, sedangkan putaran optimum terendah didapat dari setting tekanan 5 mbar pada bukaan throttle 85% dan diperoleh putaran 8000 rpm. Pemakaian bahan bakar spesifik paling optimum terjadi pada setting tekanan 5 mbar dengan bukaan throttle 65% dan bsfc 2×10^{-4} kg/(watt.jam).

Kata kunci: bahan bakar, LPG, dynotest, throttle, bsfc.

GAS FUELED FOUR STROKE 250CC ENGINE POWER OPTIMATION ON CONSTANT SPEED WITH VARIATION OF FUEL PRESSURE AND OPENING VALVE (THROTTLE)

Name : Sapto Wisasno
NRP : 02111445000035
Departement : Mechachanical Engineering, FTI - ITS
Supervisor : Ir. Suwarmin, PE

ABSTRACT

Fuel is one of the main needs in the industrial world, fuel is also one of the important issues that need to be solved in the world of industry, especially fuel oils such as gasoline and diesel. The rise in the price of fuel oil increases the awareness that so far the world is still very dependent on these energy sources. Indonesia is one of the countries that have energy crisis problems. The energy reserves are getting thinner. One of the alternative energy sources that can be developed is a gas fuel in the form of LPG (Liquid Petroleum Gas) which is one of natural gas with large enough reserves in Indonesia. In general, some engine such as in motorcycles still use a liquid fuel, which is gasoline. Therefore, the research on gasoline-fueled motor engines to be modified using LPG gas fuel is needed.

The research was modifying the fuel of a Komodo KD 250AT fin 4 stroke which originally fueled by gasoline into 3 Kg LPG (Liquefied Petroleum Gas), a gas produced by Pertamina. In order to use the LPG fuel, the car's engine must be modified by adding the converter kit on the intake channel. The purpose of this modification is to find the effect of LPG fuel pressure to obtain the most ideal mixture composition in Komodo car. The method is by comparing the gas pressure that get into the combustion chamber

with some different variations of the particular opening throttles and checks its performance with the dynotest.

The Gas Fueled Four Stroke 250cc Engine Power Optimization On Constant Rotation With Variation of Fuel Pressure And Aperture Valve (Throttle) Test results data in the form of Trendlines. The Trendline with the highest LPG fuel consumption rate occurs at 20mbar pressure with minimum fuel consumption rate 0.5851kg/hr and maximum 5.7923 kg/hr, while the Trendline with the lowest LPG fuel consumption rate occurs at 5 mbar pressure with minimum fuel consumption rate 0.5851kg/hr and maximum 4.7173 kg/hr. The highest optimum rotation was obtained at 20mbar pressure on 78% opened throttle, which is 9800 rpm spin, while the lowest optimum rotation was obtained at 5mbar pressure on 85% opened throttle, which is 8000rpm. The most optimum use of specific fuel occurs at 5 mbar pressure on a 65% opened throttle and bsfc 2×10^{-4} kg/(watt.hr).

Keyword : engine, fuel, LPG, dynotest, throttle, bsfc.

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL.....	x

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3

BAB II DASAR TEORI

2.1 Penelitian Bahan Bakar Lpg.....	5
2.2 Motor Bakar Empat Langkah	5
2.2.1 Prinsip Kerja Motor Bakar Empat Langkah	6
2.3 Karburator	9
2.3.1 Pengertian Karburator	9
2.3.2 Campuran Homogen Dan Heterogen	11
2.3.3 Prinsip Kerja Karburator	12
2.3.4 Prinsip Timbulnya Aliran Udara	13
2.4 Karburator Bahan Bakar Gas	14
2.4.1 Bahan Bakar LPG.....	17
2.4.2 Properties Bahan bakar.....	18
2.5 Proses Pembakaran.....	19
2.6 Perbandingan Udara-Bahan Bakar	19
2.7 Pembakaran Dalam SIE.....	20
2.8 Pressure Regulator Manual	21
2.9 Pengukuran Tekanan Bahan Bakar Gas	23
2.10 Performa mesin.....	24
2.10.1 Daya	25

2.10.2 Torsi	26
2.11 Aplikasi Venturimeter dengan Manometer	27
2.12 Dynotest	29

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penelitian	31
3.2 Tempat Penelitian.....	31
3.3 Peralatan Percobaan	32
3.4 Bahan Bakar Uji	38
3.5 Instalasi Percobaan	38
3.6 Prosedur Pengujian.....	40
3.7 flowchart Pengujian.....	41

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian	45
4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Bahan Bakar Gas LPG	46
4.3 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Gas LPG	46
4.4 Unjuk Kerja Mesin	50
4.4.1 Putaran Mesin.....	50
4.4.2 Daya	51
4.4.3 Pemakaian bahan bakar spesifik (BSFC)	53

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan Hasil Penelitian	57
5.2. Saran.....	57

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kita panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya hingga penulis dengan segala keterbatasannya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul :

OPTIMASI DAYA MOTOR 4 LANGKAH 250CC BERBAHAN BAKAR GAS PADA PUTARAN KONSTAN DENGAN VARIASI TEKANAN BAHAN BAKAR DAN BUKAAN KATUP (THROTTLE)

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk memenuhi gelar Sarjana Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS dengan tujuan agar mahasiswa dapat menerapkan teori yang telah didapat selama masa perkuliahan.

Dalam kesempatan ini penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak **Ir. Suwarmin, PE.** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
2. Bapak **Ir. Bambang Pramujati, M.Sc.Eng.** selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.
3. Bapak **Dr. Ir. Budi Utomo Kukuh Widodo, M.E.** selaku dosen wali.
4. **Tim Dosen penguji** yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, pikiran dalam rangka perbaikan tugas akhir ini.
5. **Ayah dan Ibu** tercinta yang telah memberikan semangat dan dorongan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. **Bagus, Yoga, Sarin** sebagai rekan asistensi tugas akhir.
7. **Tim Nogogeni ITS** yang selalu memberikan kebersamaan dan motivasi.
8. Rekan-rekan angkatan ganjil 2014 Lintas Jalur, Semua Warga D3 Teknik Mesin dan rekan-rekan yang memberi motivasi dan semangat kepada penulis.

Kekurangan atau kesalahan tentu masih ada, namun bukan suatu yang disengaja, hal tersebut semata-mata disebabkan karena kekhilafan dan keterbatasan pengetahuan yang dimiliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi pembaca, khususnya mahasiswa Jurusan Teknik Mesin FTI-ITS.

Surabaya, 19 Juli 2018

Penulis

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagian – bagian engine pasangan silinder – piston	7
Gambar 2.2	Diagram P-V dari siklus ideal mesin bensin 4 langkah	7
Gambar 2.3	Karburator.....	10
Gambar 2.4	Campuran heterogen.....	12
Gambar 2.5	Campuran homogen	12
Gambar 2.6	Prinsip kerja pengkabutan bahan bakar	13
Gambar 2.7	Prinsip Timbulnya Aliran	13
Gambar 2.8	Konverter kit LPG	14
Gambar 2.9	Skema bagian-bagian konverter kit LPG	15
Gambar 2.10	Air Fuel Ratio	20
Gambar 2.11	Diagram P – V teoritis	20
Gambar 2.12	Pressure regulator manual	22
Gambar 2.13	Skema kerja pressure regulator manual	23
Gambar 2.14	Alat ukur tekanan bahan bakar	23
Gambar 2.15	Flowmeter venturi	27
Gambar 2.16	On-Wheel Chassis Dynamometer	30
Gambar 3.1	Skema pemasukan bahan bakar gas LPG	31
Gambar 3.2	Mobil komodo 250cc	32
Gambar 3.3	Peralatan dynotest	34
Gambar 3.4	Tachometer	34
Gambar 3.5	Tachometer pada dynotest	35
Gambar 3.6	Skema pitot venturimeter	35
Gambar 3.7	Bentuk asli pitot venturimeter	36
Gambar 3.8	Katup selenoid	36
Gambar 3.9	Pressure regulator manual	37
Gambar 3.10	Manometer	37
Gambar 3.11	Termometer digital	38
Gambar 3.12	Skema instalasi	39
Gambar 3.13	Flowchart pengujian	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 properties bahan bakar.....	18
Tabel Data Hasil Pengujia.....	(<i>lampiran</i>)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya laju pertumbuhan perekonomian masyarakat Indonesia menyebabkan kebutuhan masyarakat juga semakin tinggi, salah satunya adalah dalam bidang sarana transportasi. Sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang mempunyai peran sangat penting dalam membantu proses berlangsungnya pembangunan di sebuah daerah. Penggunaan energi di sektor transportasi di sisi lain meningkatkan konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) untuk sektor transportasi cenderung meningkat 8,6% per tahun yang lebih besar daripada pertumbuhan konsumsi untuk rumah tangga 3,7%, pembangkit listrik 4,6%, tetapi sedikit lebih kecil dari pertumbuhan konsumsi industri 9,1% (Sitorus, 2014).

Cadangan bahan bakar gas di Indonesia sebagai bahan bakar alternatif masih cukup banyak tersedia. Sepanjang tahun 2010 terdapat penemuan cadangan gas baru yang cukup signifikan mencapai 2,09 triliun kaki kubik, sementara penemuan minyak hanya sebesar 140 juta barel saja. Bahkan menurut peneliti LIPI dari Pusat Penelitian Tenaga Listrik dan Mekatronik (Agus Hartanto, 2011) mengatakan Indonesia salah satu yang memiliki cadangan gas terbesar di dunia (gatra news). Selama 22 tahun jumlah kendaraan yang telah menggunakan BBG masih di bawah 0,01 %, maka jika 10% dari cadangan gas tersebut dialokasikan untuk sektor transportasi, maka sudah mencukupi kebutuhan dalam negeri selama lebih dari 90 tahun.

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai modifikasi motor empat langkah berbahan bakar gasoline menjadi motor empat langkah dengan bahan bakar LPG. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pada nilai-nilai yang menjadi parameter unjuk kerja dari mesin untuk mengetahui kemampuan konverter kit LPG jenis *engine stationer* (gx 270) jika digunakan pada mesin mobil komodo tipe KD 250 AT dengan

variasi tekanan masuk dari regulator bahan bakar untuk mencari tekanan yang paling optimum untuk mendapatkan performa engine yang optimal dengan menggunakan bahan bakar gas LPG.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang, permasalahan yang muncul pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan *setting* tekanan bahan bakar dan bukaan throttle untuk mendapatkan unjuk kerja mobil komodo tipe KD 250 AT dengan sistem motor empat langkah menggunakan bahan bakar gas LPG.

1.3 Batasan Masalah

Dari permasalahan yang dibahas dibuat batasan-batasan sebagai berikut :

1. Pengujian ini dilakukan pada mobil komodo KD 250 AT 1 silinder 4 langkah dengan volume silinder 250 CC.
2. Bahan bakar gas LPG yang digunakan adalah gas LPG 3 kg yang diproduksi Pertamina dengan campuran propana dan butana.
3. Konverter tidak diuji secara khusus, tapi diuji secara langsung pada mesin mobil komodo 250 cc.
4. Kondisi temperatur udara sekitar dianggap ideal.
5. Tidak membahas reaksi kimia pada penggunaan bahan bakar gas LPG.
6. Tidak merubah titik pengapian.
7. Tidak melakukan analisa pelumasan.
8. Tidak melakukan analisa pendinginan.
9. Tidak memperhitungkan efek penggantian bahan bakar gas yang digunakan pada engine dengan setting bahan bakar cair

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya tekanan bakar gas LPG dan bukaan throttle yang paling optimal pada regulator LPG dan untuk mendapatkan unjuk kerja

mobil komodo tipe KD 250 AT menggunakan bahan bakar gas LPG.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumbangan bagi ilmu pengetahuan serta dapat member informasi dan inspirasi kepada masyarakat umum tentang keunggulan penggunaan bahan bakar gas LPG pada mobil komodo KD 250 AT ditinjau dari parameter unjuk kerjanya.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI

2.1 Penelitian Bahan Bakar LPG

Penelitian tentang penurunan daya pada mobil berbahan bakar LPG yang disebabkan oleh sistem buka tutup throttle. Metode yang digunakan adalah dengan pengukuran efisiensi volumetrik pada dua jenis bahan bakar (LPG dan Bensin). Pada masing-masing mode operasi, dilakukan variasi bukaan throttle valve dari 8.2%, 9.2%, 10.2%, 11.2%, sampai pada 12.2% pada diameter air flow meter konstan. Pada konfigurasi tersebut dilakukan pengukuran aliran udara dan putaran mesin. Dari pengolahan data diperoleh bahwa kecenderungan efisiensi volumetrik untuk mode LPG mengalami kenaikan untuk setiap penambahan setiap bukaan throttle, yaitu 36% pada kondisi throttle terbuka 8.2% dan 41% pada 12.2%. Sementara pada mode operasi bensin mengalami penurunan untuk setiap penambahan bukaan throttle, yaitu 37% pada bukaan throttle 8.2% dan 31% pada bukaan throttle 12.2%. Dari hasil analisis lanjut, diperoleh bahwa penurunan daya pada mode operasi LPG dikarenakan pada bukaan throttle body yang sama, mesin LPG menghasilkan putaran mesin yang lebih rendah yaitu 1690 rpm pada bukaan throttle 12.2% sedangkan mode operasi bensin menghasilkan 2200 rpm pada bukaan throttle 12.2% (Muji Setyo, 2014)

2.2 Motor Bakar Empat Langkah

Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) empat langkah pertama kali ditemukan oleh orang asal Jerman yang bernama Nikolaus August Otto pada tahun 1876. Siklus empat langkah pada motor pembakaran dalam dikenal sebagai siklus *Otto* (*Otto cycle*). Motor pembakaran dalam adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi

thermal melalui proses pembakaran. Energi *thermal* yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme mesin.

Dalam proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan langkah kerja. Pada motor bensin empat langkah, siklus kerjanya diselesaikan dalam empat langkah yang meliputi: langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja, dan langkah buang.

2.2.1 Prinsip Kerja Motor Bakar Empat Langkah

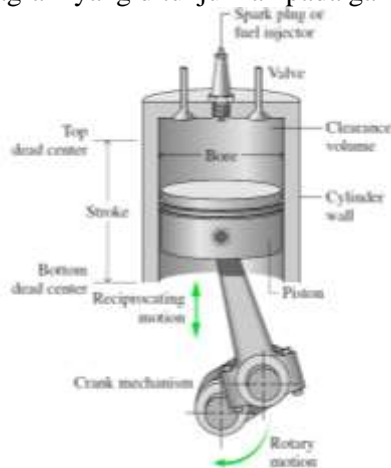
Motor bakar empat langkah adalah sebuah mesin dimana untuk menghasilkan sebuah tenaga memerlukan empat langkah naik-turun piston, dua kali putaran poros engkol (*crank shaft*), dan satu putaran noken as (*cam shaft*). Posisi tertinggi pada gerakan piston disebut titik mati atas (TMA) sedangkan yang terendah disebut titik mati bawah (TMB). Keempat langkah pada motor empat langkah adalah langkah hisap, langkah kompresi, langkah kerja (usaha) dan langkah buang. Masing-masing membutuhkan 180° pada putaran *crank shaft* sehingga dalam satu siklus membutuhkan 720°.

Beberapa proses berikut, membentuk siklus dalam motor bensin :

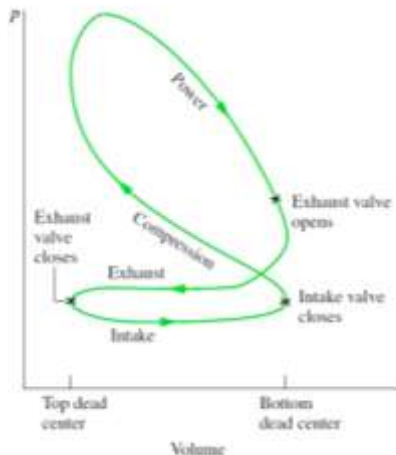
1. Mengisi silinder mesin dengan campuran udara dan bahan bakar yang telah mengalami pengabutan.
2. Penekanan pada silinder, dimana volume silinder yang sudah terisi campuran bahan bakar dan udara dimampatkan sehingga tekanan dan suhu menjadi naik.
3. Penyalaan awal yang dipicu oleh percikan api dari busi..
4. Pembakaran bahan bakar dan pengembangan gas panas.
5. Mengosongkan sisa hasil pembakaran dari silinder.

Proses ini terjadi berulang-ulang pada waktu mesin menyala. Masing-masing dari proses ini memerlukan langkah torak yang terpisah, maka daurnya disebut daur empat langkah. Bagian –

bagian dari mesin empat langkah ditunjukkan pada gambar 2.1. sedangkan untuk siklusnya ditunjukkan dari diagram tekanan – volume atau PV diagram yang ditunjukkan pada gambar 2.2.



Gambar 2.1. Bagian – bagian engine pasangan silinder – piston



Gambar 2.2. Diagram P-V dari siklus ideal mesin bensin 4 langkah

Langkah Hisap

Pada langkah hisap posisi katup hisap dalam keadaan terbuka, katup buang dalam keadaan menutup dan piston bergerak dari TMA (titik mati atas) menuju ke TMB (titik mati bawah) sehingga terjadi kevakuman di dalam silinder yang menyebabkan terhisapnya campuran udara dan bahan bakar masuk ke dalam silinder.

Langkah Kompresi Isentropik

Setelah bahan bakar masuk ke dalam silinder, piston masih bergerak dari TMA menuju ke TMB, katup hisap mulai menutup sampai kedua katup dalam keadaan tertutup yang menyebabkan campuran udara dan bahan bakar tersebut dikompresi oleh tekanan piston ketika bergerak dari TMB menuju TMA.

Proses Pembakaran Pada Volume Konstan

Proses pembakaran terjadi sesaat sebelum torak mencapai TMA, busi memercikkan bunga api pada ujung elektroda yang menyebabkan terbakarnya campuran udara dan bahan bakar. Akibat proses pembakaran, tekanan dan temperatur di ruang bakar naik lebih tinggi dan terjadi ledakan. Piston mencapai TMA dan energi yang dihasilkan segera diekspansikan oleh torak.

Langkah Ekspansi Isentropik

Ledakan yang terjadi di dalam silinder mengakibatkan tekanan meningkat dan mendorong torak menuju TMB. Pada langkah ini posisi katup hisap dan katup buang masih dalam keadaan tertutup. Selama proses ekspansi ini tekanan dan temperatur mulai turun sedikit demi sedikit dan berlangsung proses isentropik.

Proses Pembuangan Pada Volume Konstan

Proses pembuangan sejumlah gas pembakaran terjadi pada saat torak mencapai TMB. Pada langkah ini, posisi katup buang

terbuka dan katup hisap tertutup. Pada proses ini berlangsung pada volume konstan.

Langkah Buang

Pada langkah buang posisi katup isap dalam keadaan menutup dan katup buang dalam keadaan terbuka sehingga gas bekas keluar dengan sendirinya. Torak bergerak dari TMB menuju ke TMA, mendorong gas sisa pembakaran yang selanjutnya keluar menuju saluran keluar (exhaust manifold).

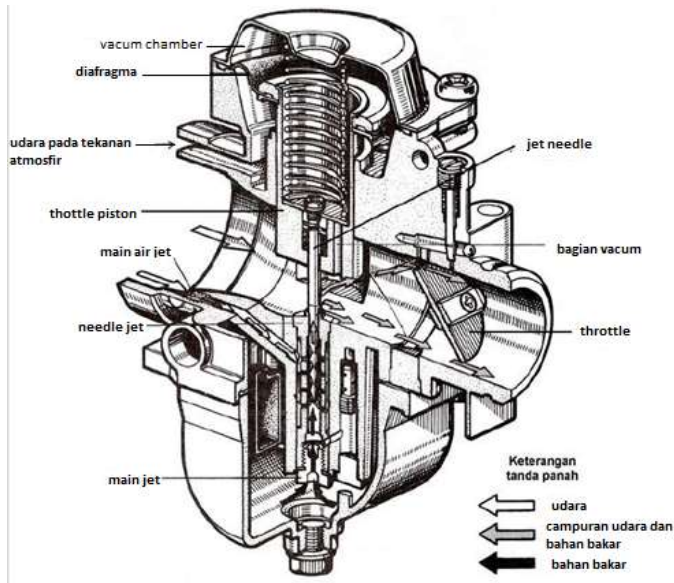
2.3 Karburator

2.3.1 Pengertian Karburator

Karburator merupakan bagian dari komponen mesin motor yang bertugas dalam pengabutan (pemasukan bahan bakar ke dalam silinder). Kerja dari karburator dimulai pada saat mesin dihidupkan, pada saat mesin hidup, maka akan mesin menghisap udara di luar yang masuk melalui karburator. Kecepatan udara yang masuk dinaikkan lewat venturi dan tekanan udara di permukaan saluran masuk rendah, sehingga bahan bakar yang memancar melalui spuyer kecil. Campuran bahan bakar dan udara akan menghasilkan gas yang nantinya akan di bakar di dalam silinder. Proses pengkabutan bahan bakar dinamakan 'karburasi', sedangkan alat yang melakukannya disebut "Karburator", gambar 2.3 menunjukkan salah satu contoh bentuk karburator.

fungsi dari karburator :

1. Untuk mengatur udara dan bahan bakar ke dalam saluran isap yang dilanjutkan ke dalam silinder.
2. Untuk mengatur suatu perbandingan antara bahan bakar dan udara, pada berbagai beban kecepatan motor.
3. Untuk mencampur bahan bakar dan udara secara merata.



Gambar 2.3 karburator

Bagian-bagian dari karburator itu sendiri meliputi :

1. *Mangkuk karburator (float chamber)*
Berfungsi untuk penyimpanan bahan bakar sementara, sebelum di gunakan.
2. *Klep/jarum pelampung (Float Valve)*
Tugasnya mengatur masuknya bahan bakar ke dalam mangkuk karburator.
3. *Pelampung (Floater)*
Berfungsi sebagai pengatur bahan bakar, agar tetap pada mangkuk karburator tersebut
4. *Skep/katup gas (throttle valve)*
5. Berfungsi untuk mengatur banyak nya gas yang masuk ke dalam silinder.
6. *Pemancar jarum*
Berfungsi untuk memancarkan bahan bakar, pada waktu motor di gas, besarnya bahan bakar yang keluar diatur oleh jarum skep yang terangkat ketika di gas.

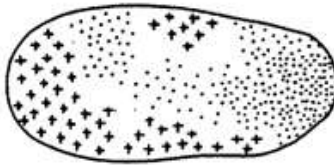
7. *Jarum skep/jarum gas (needle jet)*
Berfungsi untuk mengatur besarnya semprotan bahan bakar dari main nozzle pada waktu motor di gas.
8. *Pemancar besar (main jet)*
Berfungsi untuk memancarkan bahan bakar ketika motor di gas penuh (tinggi)
9. *Pemancar kecil/stationer (slow jet)*
Berfungsi untuk memancarkan bahan bakar waktu langsam/stationer
10. *Skrup gas/baut gas (throttle screw)*
Berfungsi untuk menyetel posisi skep sebelum digas.
11. *Skrup udara/baut udara (air screw)*
Berfungsi mengatur banyaknya udara yang akan dicampur dengan bahan bakar.
12. *Katup choke (choke valve)*
Berfungsi untuk menutup udara luar yang akan masuk ke dalam karburator sehingga gas menjadi kaya, choke ini digunakan pada waktu start.

2.3.2 Campuran Homogen Dan Heterogen

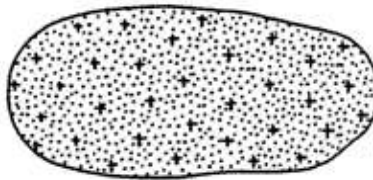
Semakin kecil partikel benda semakin rendah titik bakarnya (semakin mudah terbakar). Titik bakar bahan bakar cair lebih tinggi dari pada titik bakar bahan bakar gas. Untuk mempermudah proses pembakaran maka bahan bakar cair dirubah menjadi bentuk gas. Bahan bakar bensin yang semula berbentuk cair dirubah menyerupai gas/kabut. Pengkabutan pada karburator dapat dikatakan lebih baik jika ukuran partikel bahan bakar semakin kecil.

Ukuran partikel berdampak pada tingkat homogenitas campuran bahan bakar dan udara seperti diperlihatkan pada gambar 2.4 adalah kondisi dimana campuran kurang homogen karena kondisi campuran tidak merata dan ditunjukkan pada gambar 2.5 adalah contoh gambar campuran yang homogen dimana partikel sangat lembut dan

menyebar rata di semua ruang. Semakin homogen campuran bahan bakar dan udara berdampak pada semakin cepatnya proses pembakaran. Pada proses pembakaran dibutuhkan waktu yang sangat cepat setiap siklusnya yaitu bisa sampai seperseribu detik setiap proses.



Gambar 2.4 Campuran heterogen



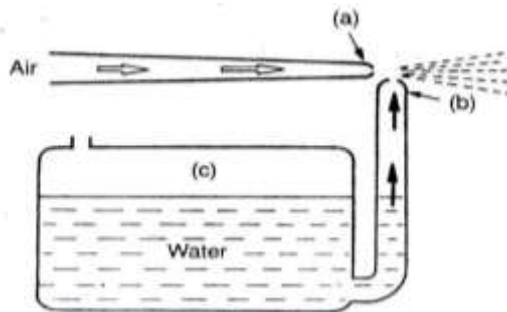
Gambar 2.5 Campuran homogen

2.3.3 Prinsip Kerja Karburator

Karburator memproses bahan bakar cair menjadi partikel kecil dan dicampur dengan udara sehingga memudahkan penguapan. Prosesnya mirip dengan penyemburan (spray). Pada gambar 2.6 ditunjukkan prinsip kerja pengkabutan bahan bakar. Sebagai akibat dari derasnya tiupan angin di (a), suatu kondisi vacum (tekanan dibawah atmosfir) terjadi di (b).

Perbedaan tekanan antara vacum dan atmosfir udara di (c) mengakibatkan semburan terjadi pada gasoline (b). Berdasarkan proses ini, maka semakin cepat aliran udara (a) mengakibatkan semakin besar vacum yang terjadi pada (b),

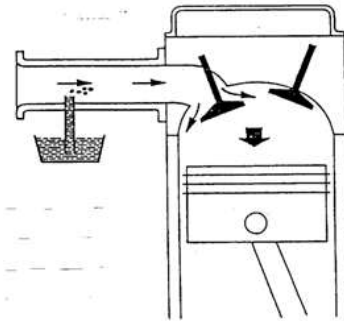
dan semakin banyak gasoline yang disemprotkan / disemburkan.



Gambar 2.6 Prinsip kerja pengkabutan bahan bakar

2.3.4 Prinsip Timbulnya Aliran Udara

Gerakan piston didalam silinder menyebabkan udara menjadi bertekanan. Ditunjukkan pada gambar 2.7 bahwa piston melakukan gerakan hisap menyebabkan tekanan vakum dan udara luar akan bergerak menuju ruang silinder. Semakin cepat udara bergerak maka semakin kecil tekanan statis-nya namun semakin tinggi tekanan dinamis-nya. Pedal gas sebenarnya tidak secara langsung mengendalikan besarnya aliran bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar. Pedal gas sebenarnya mengendalikan katup dalam karburator untuk menentukan besarnya aliran udara yang dapat masuk kedalam ruang bakar. Udara bergerak dalam karburator inilah yang memiliki tekanan untuk menarik serta bahan bakar masuk kedalam ruang bakar.



Gambar 2.7 Prinsip Timbulnya Aliran

2.4 Karburator Bahan Bakar Gas

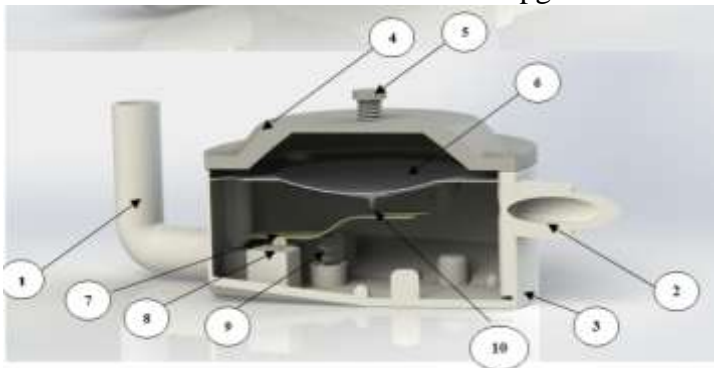
Konverter kit atau karburator gas LPG dibedakan menjadi dua, tergantung dari jenis regulator yang digunakan. Regulator bahan bakar gas dibedakan berdasarkan *tekanan output* terhadap tekanan udara (atmosfir), yaitu “Regulator Bertekanan” dan “Regulator Zero Governoor”. Regulator bertekanan memiliki tekanan output gas lebih tinggi dari tekanan udara (atmosfir). Pembukaan katup gas pada udara terbuka (output gas) dari regulator ini menyebabkan gas akan selalu keluar. Gas yang keluar tergantung dari pengaturan tekanan dan besar lubang output (debit gas) pada Regulator. Pada regulator zero governoor, tekanan output gas lebih rendah sedikit dari tekanan udara (atmosfir), jika katup regulator terbuka di udara terbuka maka gas tidak akan keluar. Gas akan keluar jika ada penurunan tekanan di luar regulator (kita sebut dihisap). Banyaknya gas yang keluar tergantung dari besarnya penurunan tekanan luar dan besarnya lubang (orifice) pada regulator ini.

Konverter kit LPG seperti pada gambar 2.8 terdiri atas *vacuum valve* dan karburator yang telah di modifikasi sehingga sesuai dengan penggunaan bahan bakar lpg. *Vacuum valve* berfungsi untuk menjaga agar tidak terjadi

kebocoran saat mesin mati baik karena disengaja ataupun karena mendadak mati.



Gambar 2.8 konverter kit lpg



Gambar 2.9 Skema bagian-bagian konverter kit LPG

Bagian – bagian konverter kit lpg :

1. Saluran masuk
2. Saluran keluar
3. Rumah bawah
4. Rumah atas
5. Tombol by pass

6. Membran atau katup vakum
7. Katup saluran utama
8. Engsel tuas katup saluran utama
9. Pegas katup saluran utama
10. Pendorong tuas katup utama

Prinsip kerja dari bagian-bagian konverter LPG yang ditunjukkan pada gambar 2.9 adalah bahan bakar yang sudah memiliki tekanan akan memenuhi lubang saluran gas masuk tetapi tidak bisa langsung masuk ke intake manifold karena tertahan oleh katup, ketika engine bekerja maka akan terjadi kevakuman di intake manifold sehingga terjadi kevakuman pada saluran gas keluar, dengan terjadinya kevacuman akan menyebabkan membran bergerak dan menarik tuas katup saluran bahan bakar sehingga bahan bakar dapat mengalir ke ruang bakar, besarnya bukaan katup sesuai dengan tingkat kevakuman di intake manifold.

Prinsip kerja setiap kondisi:

1. Kondisi mesin mati
Bahan bakar LPG yang bertekanan positif pada saluran masuk akan terhenti oleh katup utama karena posisi katup utama akan terdorong oleh pegas sehingga saluran akan terbuntu dan tidak ada bahan bakar yang keluar.
2. Kondisi start
Start awal perlu dilakukan penekanan tombol by pass sekitar 1 sampai 2 detik dengan tujuan ada bahan bakar masuk pada saluran intake yang siap dibakar pertama kali. Pada kondisi penyalaan awal, putaran motor starter belum mampu menggerakkan piston dengan kecepatan tinggi sehingga kevakuman pada saluran membran konverter masih kecil, gaya dorong membran belum mampu melawan gaya pegas.

3. Kondisi idle

Putaran idle menyebabkan kevakuman pada ruang membran yang menyebabkan membran tertarik sedikit. Gaya yang dihasilkan membran akan melawan pegas katup utama, karena gayanya kecil maka katup utama hanya membuka sedikit sehingga aliran bahan bakar lpg yang mengalir ke ruang bakar juga sedikit.

4. Kondisi kecepatan tinggi

Pembukaan throttle menyebabkan udara dan bahan bakar yang masuk lebih lancar sehingga jumlahnya meningkat dan putaran semakin tinggi. Tingkat kevakuman sebanding dengan putaran mesin, semakin tinggi putaran mesin maka kevakuman juga meningkat. Gaya dorong membran vakum akan lebih mampu melawan gaya dorong pegas sehingga katup saluran utama akan membuka lebih lebar dan jumlah bahan bakar yang masuk akan meningkat juga.

2.4.1 Bahan Bakar LPG

Elpiji atau liquid petroleum gas (LPG) adalah gas minyak bumi yang dicairkan. Elpiji adalah campuran dari berbagai unsure hidrokarbon yang berasal dari gas alam, dengan menambah tekanan dan menurunkan suhunya maka gas berubah menjadi cair. Komponennya didominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Elpiji mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}). Dalam kondisi atmosfer, elpiji akan berbentuk gas. Volume elpiji dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama.

Elpiji dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam bertekanan dan tidak diisi secara penuh, hanya sekitar 80-85% dari kapasitasnya. Rasio antara volume gas bila menguap

dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan, dan suhu, tetapi biasanya sekitar 250:1.

Tekanan LPG ketika berbentuk gas bervariasi tergantung komposisi dan suhu. Sebagai contoh, dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2,2 bar) bagi butana murni pada 20° C (68° F) agar mencair, dan sekitar 2,2 MPa (22 bar) bagi propana murni pada 55° C (131° F). Menurut spesifikasinya, elpiji dibagi menjadi tiga jenis, yaitu Elpiji campuran, elpiji pro- pana, dan elpiji butana.

Elpiji mempunyai beberapa sifat yang antara lain adalah sebagai berikut.

- a) Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar.
- b) Gas tidak beracun, tidak berwarna dan biasanya berbau menyengat karena terdapat tambahan zat pembau.
- c) Cairan dapat menguap jika dilepas dan menyebar dengan cepat.
- d) Gas ini lebih berat dibanding udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah.

2.4.2 Properties Bahan Bakar

Dari tabel 2.1 kita bisa menganalisa bagaimana sifat- sifat dari bahan bakar LPG, untuk tabel seharusnya dibandingkan antara bahan bakar Gasoline dengan LPG, dari data dapat memnberi gambaran bahwa bahan bakar LPG dapat diterapkan pada mesin bahan bakar gasoline, seperti ditunjukkan pada tabel, LPG memiliki LHV lebih tinggi dari pada gasoline

Tabel 2.1 Properties Bahan Bakar

Properties	Hydrogen	Gasoline	LPG	Biogas
Lower Heating Value (KJ/KG)	12000	4200	4600	5000
Density (kg/m³)	0,09	720-750	2,24	1,1
Flame Speed (cm/sec)	265-325	-	38,25	25

Stoichiometri A/F (kg/kg)	34,3	14,6	15,5	6
Flammability Limit (% Volume In Air)	475	1,4-7,6	2,15-9,6	7,5-14
Octane No.	130	86-94	103-105	120
Auto Ignition Temp (°C)	585	222	428	493-549
Heat Of Vapouration (kj/m ³)	-	375	428	493-549
Molecular Weight	-	100	55-60	-
Specific Gravity	0,07	0,72-0,78	-	-
Boiling Temp. (f)	-423	80-437	-	-

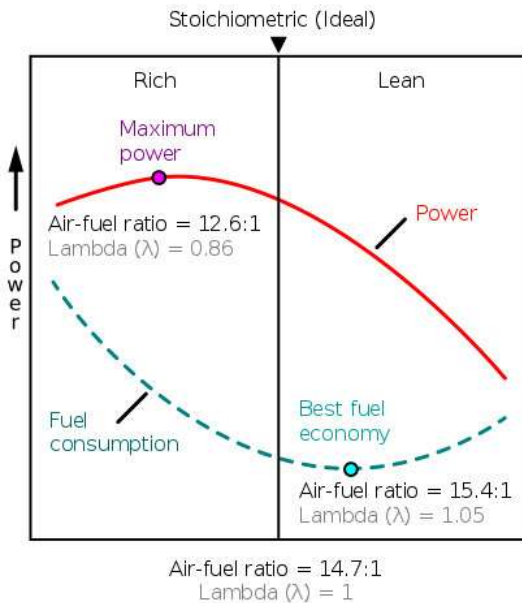
2.5 Proses Pembakaran

Proses pembakaran adalah terbakarnya kombinasi kimia antara hidrogen dan karbon pada bahan bakar dengan oksigen dalam udara dengan waktu yang relatif singkat dan menghasilkan energi dalam bentuk panas. Pembakaran dalam *Spark Ignition Engine* (SIE) dimulai oleh adanya percikan bunga api listrik yang ditimbulkan oleh busi yang kemudian membakar campuran udara–bahan bakar yang mudah terbakar yang disuplai dan dicampur oleh karburator maupun injektor sehingga terjadi ledakan yang sangat hebat dalam ruang bakar pada motor tersebut. Kombinasi yang diperlukan untuk pembakaran adalah sebagai berikut :

- Adanya campuran udara-bahan bakar yang dapat terbakar. Pada mesin bensin, pencampuran udara-bahan bakar terjadi pada karburator.
- Pembakaran pada mesin bensin terjadi karena adanya pengapian dari loncatan bunga api listrik pada kedua elektroda busi.
- Stabilisasi dan penyebaran api dalam ruang bakar.

2.6 Perbandingan Udara-Bahan Bakar

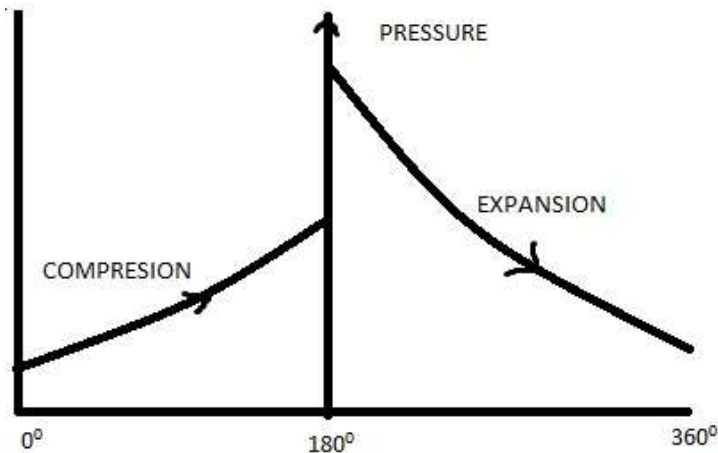
Didalam pembakaran, terjadi dalam batasan perbandingan udara-bahan bakar tertentu, yang disebut "*Ignition Limits*". Campuran yang kelebihan bahan bakar dinamakan campuran kaya dan campuran yang kelebihan oksigen dinamakan campuran miskin. Campuran yang mendekati homogen dari bahan bakar dan udara dipersiapkan oleh karburator. Pada gambar 2.10 ditunjukkan grafik campurannya yang lebih kaya atau lebih miskin dapat mengakibatkan berkurangnya kemampuan untuk terbakar.



Gambar 2.10. Air Fuel Ratio

2.7 Pembakaran Dalam SIE

Pada gambar 2.11 ditunjukkan ada tiga tahapan yang terjadi dalam proses pembakaran pada SIE (spark ignition engine) mulai dari awal sampai akhir pembakaran, yaitu:



Gambar 2.11. Diagram P – V teoritis

- Tahap I : *Ignition Lag* (fase persiapan) yaitu membesar dan berkembangnya inti api serta merambatnya inti api tersebut dalam campuran udara–bahan bakar terkompresi dalam ruang bakar. Proses ini merupakan proses kimia yang tergantung pada tekanan dan temperatur, koefisien temperatur bahan bakar yaitu hubungan temperatur dan laju percepatan oksidasi/pembakaran.
- Tahap II : *Propagation of Flame* yaitu dimana api mulai merambat dan menyebar ke seluruh ruang bakar. Proses mekanis banyak mempengaruhi proses ini. Proses ini dianggap berjalan baik apabila api dengan cepat merambat sehingga tidak ada campuran bahan bakar yang tidak terbakar. Dengan begitu akan terjadi pembakaran yang sempurna. (B – C)
- Tahap III : *After Burning*, setelah terjadi reasosiasi pada proses pembakaran maka berikutnya akan terjadi diasosiasi ada gas-gas hasil pembakaran. Setelah titik C

2.8 Pressure Regulator Manual

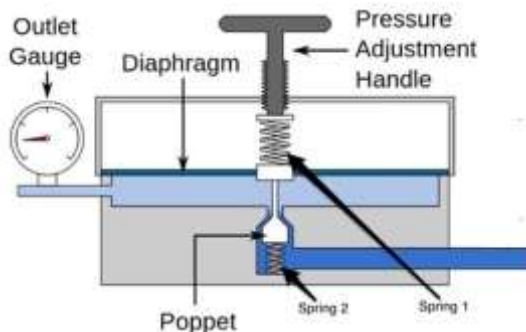
Pressure regulator manual seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12 berfungsi sebagai pegatur tekanan gas yang keluar dari tangki secara manual. Dalam aplikasinya pada motor bensin 4 langkah pressure regulator manual ini bisa diatur sesuai dengan kebutuhan bahan bakar gas pada mesin.

Pressure regulator merupakan sebuah komponen sistem hidrolik maupun pneumatik yang berfungsi untuk mengatur besar tekanan fluida dari sistem sumber tekanan tinggi (seperti pompa, kompresor, atau tangki reservoir) ke sistem pengguna bertekanan rendah. *Pressure Regulator* selalu bertugas menjaga tekanan fluida yang nilainya lebih rendah daripada tekanan supply-nya, oleh karena itu tekanan fluida sebelum melewati *pressure regulator* akan selalu lebih besar daripada tekanan sesudah melewati *pressure regulator*. Dapat dikatakan *pressure regulator* berfungsi menurunkan tekanan fluida sehingga sesuai dengan spesifikasi kebutuhan sistem, atau juga untuk kebutuhan keamanan dan keselamatan penggunaan.

Pada gambar 2.13 ditunjukkan beberapa komponen utama *pressure regulator* seperti inlet dan outlet *pressure gauge*, membran diafragma, pegas, *poppet valve*, serta tuas untuk mengatur *set point* tekanan kerja *pressure regulator*. *Pressure gauge* berfungsi sebagai penunjukan nilai tekanan fluida baik pada sisi sumber tekanan maupun sisi keluaran *pressure regulator*. Diafragma berfungsi untuk menciptakan sebuah ruang kerja fleksibel di dalam *pressure regulator* yang mampu berubah-ubah volumenya. Dua pegas pada sistem *pressure regulator* berfungsi untuk menghasilkan kesetimbangan tekanan, sedangkan *Poppet valve* berfungsi untuk membuka serta menutup aliran fluida.



Gambar 2.12 pressure regulator manual



Gambar 2.13 skema kerja pressure regulator manual

2.9 Pengukuran Tekanan Bahan Bakar Gas

Tekanan bahan bakar gas dapat diukur dengan menggunakan manometer yang terpasang pada pressure regulator. Pada umumnya bentuk penunjuk tekanan gas berupa skala warna, Pembacaan warna dibaca saat penuh dan jarum berada di skala hijau artinya gas sudah jenuh atau sudah terisi cairan lpg, jarum bergerak pada skala hijau terjadi karena pengaruh suhu sekelilingnya. jarum berada di warna hijau menandakan masih

ada cairan dalam tabunganya. Pada waktu jarum di warna biru berarti isinya tinggal gas tanpa cairan, artinya sudah kosong cairan elpijinya. Pengukur tekanan pada tabung elpiji menggunakan warna karena skalanya tidak linear.



Gambar 2.14 Alat ukur tekanan bahan bakar

Gambar 2.14 terdiri dari tiga warna, yaitu biru di sebelah kiri, hijau di tengah, dan merah di bagian kanan. Pada ujung skala biru tertulis “empty” (kosong), lalu bagian hijau ditulisi “Full” (penuh), sedangkan bagian merah ditulisi “danger” (bahaya). Pembacaan warna dari pengukur tekanan seperti gambar di atas harus dibaca dari saat penuh, jarum harus ada di hijau artinya gas sudah jenuh, tentunya sudah terisi cairan lpg, jarum bergerak pada skala hijau itu karena pengaruh suhu sekelilingnya. Jadi selama jarum masih di warna hijau berarti masih ada cairan dalam tabunganya. (yang dimaksud penuh/full adalah tekanannya berada pada titik jenuh). Pada waktu jarum di warna biru berarti isinya tinggal gas tanpa cairan, artinya sudah kosong cairan elpijinya. Pengukur tekanan pada tabung elpiji menggunakan warna karena skalanya tidak linear.

2.10 Performa Mesin

Performa atau unjuk kerja suatu mesin tergantung pada energi yang dihasilkan dari campuran bahan bakar yang diterima

oleh mesin serta efisiensi termal dari mesin tersebut (kemampuan mesin untuk mengubah energi dari campuran bahan bakar menjadi kerja output dari mesin). Dari kondisi diatas menunjukkan ada dua metode umum untuk meningkatkan *performance* atau unjuk kerja dari suatu mesin, yaitu :

1. Meningkatkan energi input

Meningkatkan energi input dari bahan bakar ini dapat dilakukan dengan cara memperbesar pasokan bahan bakar dengan udara yang masuk kedalam ruang bakar, menggunakan bahan bakar yang mempunyai nilai kalor yang lebih tinggi atau dengan menambahkan zat aditif ke dalam bahan bakar sehingga proses pembakaran yang terjadi lebih sempurna.

2. Meningkatkan efisiensi *thermal* dari mesin (η_{th})

Efisiensi *thermal* dari mesin adalah perbandingan antara daya mesin yang dihasilkan dengan energi yang dibangkitkan dari campuran bahan bakar. Meningkatkan efisiensi *thermal* dari mesin pada mesin otto dapat dilakukan antara lain dengan cara menaikkan rasio kompresi.

2.10.1 Daya

Pada motor bakar torak, daya yang berguna adalah daya yang terjadi pada poros. Daya poros itu sendiri dibangkitkan oleh daya indicator yang merupakan daya hasil pembakaran yang menggerakkan piston. Sebagian besar daya indikator yang dihasilkan dari hasil pembakaran bahan bakar di gunakan untuk mengatasi gerak mekanik pada peralatan mesin itu sendiri, misalnya kerugian karena gesekan antara dinding silinder dengan ring piston, poros dengan bantalan. Disamping itu pula daya indicator ini juga harus menggerakkan berbagai peralatan tambahan seperti pompa pelumas, pompa air pendingin atau pompa bahan bakar dan generator listrik, sehingga daya poros yang dihasilkan dari proses pembakaran didapatkan dari persamaan:

$$N_e = N_i - (N_g + N_a) \quad (2.1)$$

Keterangan:

N_e = daya proses atau daya efektif (watt)
 N_i = daya indikator (watt)
 N_g = daya gesek (watt)
 N_a = daya aksesoris (watt)

Untuk mengetahui daya poros diperlukan beberapa peralatan laboratorium dibutuhkan dinamometer untuk mengukur momen putar dan tachometer untuk mengukur kecepatan putaran poros engkol kemudian daya poros dihitung dengan persamaan :

$$N_e = \frac{N_g}{\eta_g \eta_{kopling}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

N_e (BHP) = daya poros mesin (watt)
 N_g = daya generator ($V.I \cos \Theta$) (watt)
 η_g = efisiensi generator
 $\eta_{kopling}$ = efisiensi kopling

Dari persamaan diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa (N_a+N_g) harus dibuat sekecil mungkin agar N_e yang diperoleh dapat sebesar mungkin. Daya poros dapat diketahui langsung menggunakan chasis dinamometer tanpa harus memasukkan persamaan persamaan tersebut.

2.10.2 Torsi

Poros yang bergerak dengan kecepatan tertentu, akan menghasilkan momen torsi atau momen puntir, waktu berputarnya dan torsi sendiri adalah kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja:

$$T = \frac{BHP}{\omega} \quad (2.3)$$

Keterangan:

$$\omega = \frac{2\pi.n}{60} \quad \left(\frac{\text{rad}}{\text{sec}} \right)$$

T = Torsi (N.m)

BHP = Daya poros (daya efektif) (watt)

n = Kecepatan putaran mesin (rpm)

2.10.3 Pemakaian Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

BSFC (*Brake Specific Fuel Consumption*) adalah banyak bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin untuk menghasilkan 1 HP selama 1 jam. Apabila dalam pengujian diperoleh data mengenai penggunaan bahan bakar, \dot{m} (kg / jam) dan daya yang dihasilkan sebesar BHP (watt), maka besarnya pemakaian bahan bakar spesifik adalah :

$$\text{BSFC} = \frac{\dot{m}}{\text{BHP}} \quad (2.4)$$

keterangan:

BSFC = Pemakaian bahan bakar spesifik $\left(\frac{\text{kg}}{\text{watt.jam}} \right)$

BHP = Daya poros (watt)

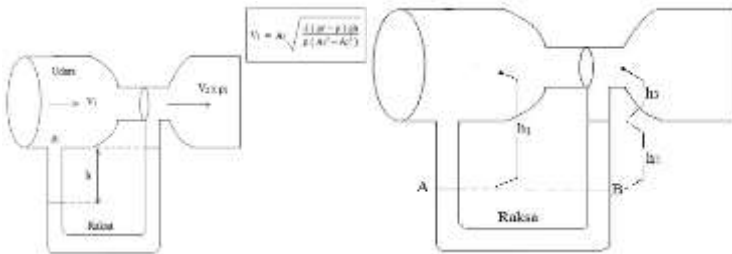
\dot{m} = Massa bahan bakar per waktu $\left(\frac{\text{kg}}{\text{jam}} \right)$

2.11 Aplikasi Venturimeter Dengan Manometer

Pengukuran aliran fluida ini dikhususkan menggunakan metoda diferensial tekanan. Pada aliran fluida itu dipasang suatu penghalang dengan diameter lubang yang lebih kecil dari diameter pipa , sehingga tekanan dan kecepatannya berubah. Pengukuran perbedaan tekanan antara sebelum dan sesudah penghalang dapat ditentukan besarnya aliran fluida.

Pada prinsipnya metode ini menggunakan hukum Bernoulli yaitu:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho.g.h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho.g.h_2 \quad (2.5)$$



Gambar 2.15 flowmeter venturi

Mencari $P_2 - P_1$ untuk membantu mencari pembuktian dari rumus diatas.

Tinjauan dari tekanan hidrostatik

$$P_A = P_B$$

Jadi, pada P_A adalah tekanan dititik 1 ditambah tekanan hidrostatiknnya. P_B adalah tekanan dititik 2 ditambah tekanan hidrostatik pada fluida dititik h_3 ditambah tekanan hidrostatik raksa.

$$h_1 - h_3 = h_2 = h$$

$$g \cdot h (\rho - \rho_r) = P_2 - P_1 \quad (2.6)$$

Pembuktian dari perumusan (2.6):

$$h_1 = h_2 = h$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 - \frac{1}{2} \rho V_2^2 = P_2 - P_1$$

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 - \frac{1}{2} \rho \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \cdot V_1^2 = P_2 - P_1$$

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 - \left[1 - \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right] = P_2 - P_1$$

$$V_1^2 \left(\frac{A_2^2 - A_1^2}{A_2^2} \right) = \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho}$$

$$V_1^2 = \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot A_2^2 \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot A_2^2 - A_1^2}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot A_2^2 \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot A_2^2 - A_1^2}}$$

$$V_1 = A_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot A_2^2 - A_1^2}}$$

- Kapasitas laju aliran fluida gas LPG (Q)

$$Q = V \times A \quad (2.7)$$

keterangan :

$$Q = \text{Kapasitas laju aliran fluida gas LPG } \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$A = \text{Luas penampang selang gas LPG (m}^2\text{)}$$

Mencari laju aliran massa gas LPG (\dot{m})

$$\dot{m} = Q \times \rho_{lpg} \quad (2.8)$$

2.12 Dynotest

Dynotest adalah suatu metode pengujian menggunakan alat dynamometer untuk menganalisa torsi dan horsepower pada sebuah kendaraan. Hasil dari dynotest biasanya digunakan untuk menganalisa kekurangan mesin dan masalah pada kendaraan yang

harus dimaksimalkan agar performa mesin kendaraan menjadi lebih baik.

Chassis dynamometer merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian dan pengukuran kecepatan konstan, beban jalan, dan kekuatan dari mesin kendaraan tersebut. Seperti pada gambar 2.16 dapat dilihat bahwa kendaraan yang ingin diuji menggunakan chassis dynamometer akan dipasangkan perangkat pengikat dan menggunakan roller pada setiap as rodanya untuk menguji kekuatan dan percepatan roda. Mesin akan disambungkan ke transmisi, lalu ke transfer-case dan ke axle differential. Pengujian ini menggunakan mesin dan seluruh bagian chasis kendaraan dalam keadaan terpasang dan lengkap.

On-wheel chassis dynamometer adalah pengujian dengan cara menghubungkan roda kendaraan sehingga bertumpu pada roller sebagai input untuk pengujian torsi dan horse power. Oleh sebab itu, pengujian dari roda disebut on-wheel dynamometer karena tidak perlu melepas velg dan ban kendaraan.



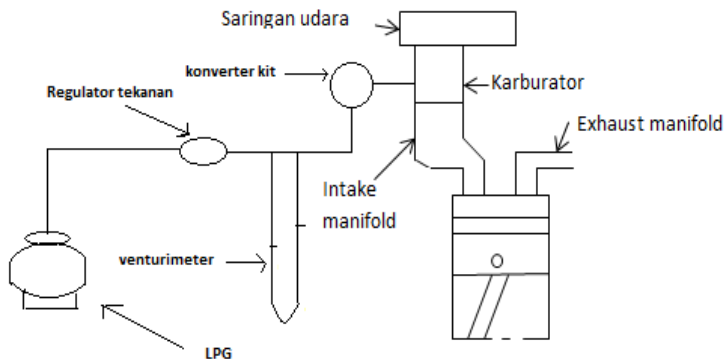
Gambar 2.16 On-Wheel Chassis Dynamometer

BAB III

METODOLOGI PERCOBAAN

3.1 Penelitian

Penulisan Tugas Akhir ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan bahan bakar gas LPG dan bukaan throttle untuk mendapatkan komposisi campuran yang paling ideal pada mesin mobil komodo. Metode yang dilakukan dengan cara membandingkan tekanan gas masuk ke ruang bakar pada variasi bukaan throttle tertentu dan dibaca performanya dengan dynotest dengan skema pemasukan bahan bakar seperti ditunjukkan pada gambar 3.1. Bahan bakar LPG yang masuk ke ruang bakar diatur tekanannya oleh regulator tekanan dan debit aliran diatur oleh konverter kit yang bekerja berdasarkan kevakuman saluran masuk pada karburator.



Gambar 3.1 Skema pemasukan bahan bakar gas LPG

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember kampus Sukolilo Surabaya.

3.3 Peralatan Percobaan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah mobil FIN KOMODO seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.2 yaitu kendaraan *un-conventional* yang dirancang bangun khusus untuk digunakan di medan *off-road* sesuai dengan alam Indonesia dengan spek sebagai berikut:

1. Mesin Mobil Fin Komodo KD 250AT Empat Langkah
 - a. Model : KD 250AT
 - b. Volume silinder : 250 cc
 - c. Bahan bakar : Premium
 - d. Kecepatan maksimal : 60 km/jam
 - e. Kapasitas tangki bahan bakar: 21 Liter
 - f. Kapasitas minyak pelumas : 1,2 Liter , SAE 10-30W
 - g. Max horse power : 14 HP/ 7500 rpm
 - h. Max momen puntir : 17,6 Nm
 - i. Sistem Pendingin : Air
 - j. Rasio kompresi : 10:1
 - k. Transmisi : CVT Otomatis
 - l. Kapasitas oli gear box : 200 cc, SAE 40W
 - m. Stater : Elektrik



Gambar 3.2 Mobil komodo 250cc

2. Dinamometer atau Dynotest

Dynotest digunakan untuk mengukur putaran mesin (RPM) dan torsi dimana tenaga atau daya yang dihasilkan dari suatu mesin atau alat yang berputar dapat dihitung. Peralatan dynotest yang digunakan ditunjukkan pada gambar 3.3. yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Nama Produk : Dynotest ABD Digital System

Kegunaan :

- ✓ Mampu melakukan pengukuran: Kecepatan, rpm, akselerasi, torque, ratio gear, power, panjang lintasan (track), keausan kopling.
- ✓ Tingkat akurasi pengukuran tinggi (hingga 1/10 dtk)
- ✓ Didesain kompak dan praktis (portable/moving type)
- ✓ Pembacaan grafik hasil pengukuran mudah
- ✓ Menemukan max power pada rpm optimal

Spesifikasi Teknis :

- ✓ Direct auto start
- ✓ Full computerized control
- ✓ Full parameter graph
- ✓ Measurement item : Speed, rpm, acceleration, torque, gear ratio, power, track
- ✓ Data transfer : RS-232 to USB 2.0
- ✓ Maximum torque : 50 Nm
- ✓ Maximum rpm : 20.000 rpm
- ✓ Maximum power : 50 Hp
- ✓ Maximum speed : 350 km/hr
- ✓ RPM measurement system : Induction
- ✓ Roll road diameter : 6 inches
- ✓ Weight : 67 kg
- ✓ Equipment pre install : Plug & play
- ✓ Design : Portable moving
- ✓ Power Supply : 5 Volt
- ✓ Dimention : 65 x 55 x 20 cm



Gambar 3.3 Peralatan dynotest

3. Tachometer

Tachometer digunakan untuk mengukur kecepatan putaran dari mesin yaitu kecepatan dari poros engkol mesin. Alat ini sudah di setting menjadi satu bagian dengan dynotest. Pada gambar 3.4 ditunjukkan bentuk dari tachometer yang digunakan untuk membaca putaran rol pada dynotest, tachometer ini hanya digunakan untuk koreksi apakah putaran sudah sesuai karena pembacaan putaran dalam proses pengujian ini menggunakan tachometer yang sudah menjadi satu bagian dengan dynotest yang ditunjukkan pada gambar 3.5. hasil pembacaan putaran ditampilkan pada layar monitor dan tersimpan secara otomatis.



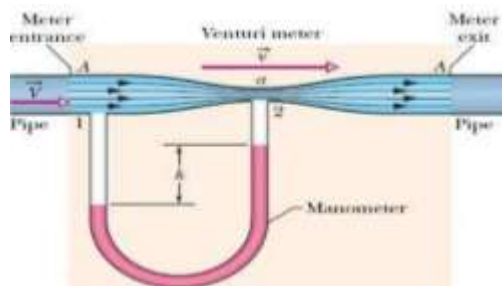
Gambar 3.4 Tachometer



Gambar 3.5 Tachometer pada dynotest

4. Venturimeter

Tabung pitot manometer pipa U adalah alat ukur aliran yang paling murah, mudah pemasangannya, dan paling kecil ketelitiannya diantara alat ukur aliran jenis flow meter. Pada percobaan ini digunakan pitot venturimeter dimana prinsip kerjanya dengan cara memperkecil luas penampang pipa jalur aliran fluida seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.6, semakin kecil penampang menyebabkan kecepatan aliran meningkat dan tekanan turun, efek tersebut menyebabkan tekanan pada cairan ukur berbeda dan menimbulkan selisih ketinggian permukaan.



Gambar 3.6 Skema pitot venturimeter



Gambar 3.7 Bentuk asli pitot venturimeter

5. Katup Selenoid

Pada gambar 3.8 ditunjukkan gambar katup selenoid, yaitu katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik melalui kumparan / selenoida. Solenoid valve ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Katup ini digunakan untuk mencgas gas keluar saat kendaraan tidak dioperasikan, katup ini membuka hanya saat kondisi kunci kontak on.



Gambar 3.8 Katup selenoid

6. Pressure Regulator Manual

Pressure regulator manual yang digunakan dalam pengujian ditunjukkan pada gambar 3.9. Pressure regulator manual

ini berfungsi sebagai pegatur tekanan gas yang keluar dari tangki secara manual sesuai dengan kebutuhan bahan bakar gas pada mesin. Dalam aplikasinya pada motor bensin 4 langkah. Pressure regulator manual ini bisa diatur sesuai dengan kebutuhan bahan bakar gas pada mesin.



Gambar 3.9 Pressure regulator manual

7. Manometer

Manometer adalah suatu alat ukur tekanan zat cair di dua titik. Pada gambar 3.10 pengamat bisa langsung melihat perbedaan tekanan dari tabung yang sudah diskalakan. Manometer digunakan untuk mengetahui tekanan bahan bakar LPG yang masuk ke konverter kit



Gambar 3.10 Manometer

8. Termometer

Termometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur suhu (temperatur), atau perubahan temperatur gas LPG yang mengalir di dalam pipa saluran bahan bakar. Pada gambar 3.11 untuk mengetahui temperatur bahan bakar LPG dapat langsung dibaca pada layar termometer.



Gambar 3.11 Termometer digital

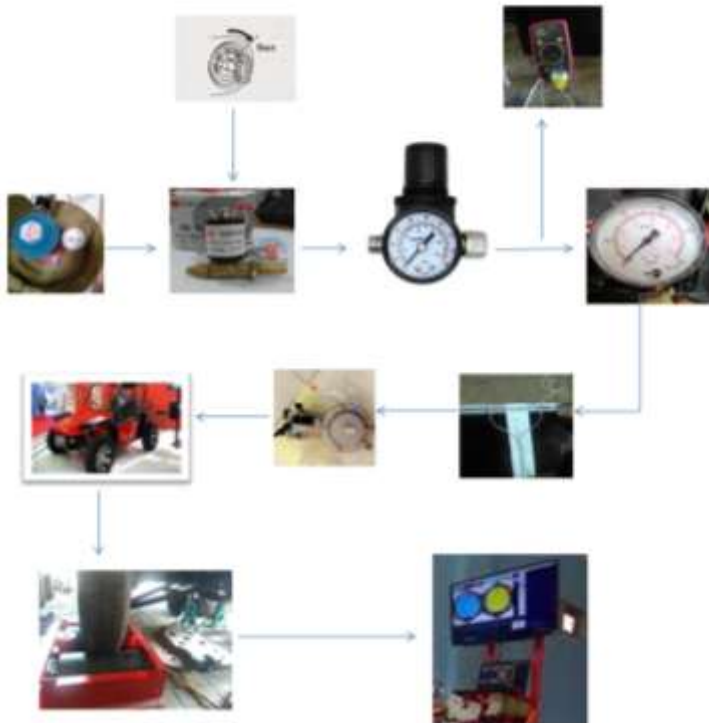
3.4 Bahan Bakar Uji

Bahan bakar yang digunakan dalam percobaan adalah gas LPG 3 kg Pertamina. Dengan nilai massa jenis $18,357 \text{ kg/m}^3$

3.5 Instalasi Percobaan

Skema instalasi percobaan secara sederhana menggunakan bahan bakar Gas LPG dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.12. Bahan bakar gas LPG dari tabung terhubung dengan katup selenoid melalui pipa bahan bakar. Pengendalian buka-tutup katup selenoid diatur oleh kunci kontak, saat kunci kontak on maka katup membuka dan bahan bakar mengalir ke regulator tekanan dan sebaliknya jika kunci kontak off atau mesin dimatikan maka katup selenoid akan menutup dan bahan bakar akan tetahan pada selenoid. Tekanan LPG diturunkan oleh regulator tekanan bahan

bakar. Termometer digunakan untuk mengoreksi temperatur bahan bakar, dalam pengujian dilakukan pada temperatur bahan bakar yang sama dengan tujuan didapat properti yang sama setiap kondisi. Bahan bakar yang keluar dari regulator akan diukur tekanannya menggunakan manometer dan diukur debitnya menggunakan venturimeter. Aliran bahan bakar disambungkan ke konverter kit LPG agar terkontrol proses pemasukannya ke ruang bakar. Bahan bakar gas LPG digunakan untuk memutar mesin dan hasil daya mesin dibaca oleh dynotest. Data hasil pembacaan dynotest akan ditampilkan pada layar monitor.



Gambar 3.12 Skema instalasi

3.6 Prosedur Pengujian

Tahapan-tahapan pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

a. Persiapan pengujian

- a. Mengkondisikan mesin dalam kondisi standar yaitu dengan melakukan tune up mesin, penggantian oli mesin dan busi.
- b. Pengecekan kondisi saluran bahan bakar dan kondisi filter udara.
- c. Mempersiapkan dynotest dan mengeset agar tidak terjadi trouble atau kesalahann dalam pengambilan data.
- d. Mempersiapkan bahan uji dari gas LPG ,konverter kit lpg , serta mempersiapkan alat ukur pengujian yang digunakan seperti tachometer, termometer digital, dan manometer.
- e. Menghubungkan kabel dynotest (rpm) dengan mesin mobil komodo.
- f. Cek kabel-kabel agar terhubung dengan baik.
- g. Pada penggunaan bahan bakar LPG, pasang konverter kit lpg pada Intake manifold atau pada jalur udara masuk.
- h. Pasang pressure regulator valve manual pada tabung LPG, kemudian pasang alat ukur temperatur diantara pressure regulator manual dan konverter kit lpg.
- i. Pengecekan pada sambungan selang LPG, untuk mengecek apakah ada kebocoran atau tidak.
- j. Pengecekan alat ukur apakah telah terhubung dengan baik dan bekerja dengan baik.
- k. Setelah semua dipastikan telah terpasang dengan benar, maka percobaan sudah dapat dilakukan.

b. Pengujian dengan menggunakan bahan bakar LPG.

- a. Pastikan kondisi presure regulator valve dalam kondisi optimal dan terpasang pada tabung LPG.
- b. Putar kunci kontak posisi on, pastikan selenoid valve membuka.
- c. Tekan by pass konverter kit LPG.

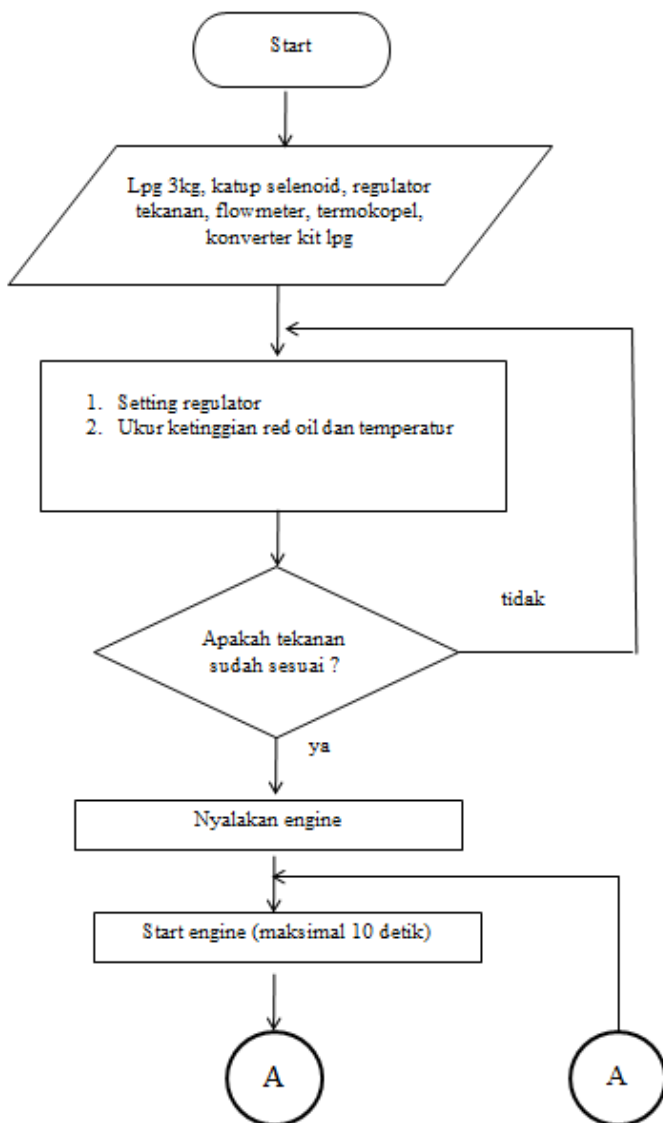
- d. Setting pressure regulator 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar.
- e. Baca selisih ketinggian permukaan fluida pada saluran venturimeter setiap kondisi tekanan yang ditentukan.
- f. Baca temperatur bahan bakar.
- g. Lepas tekanan pada konverter kit LPG.
- h. Putar kunci kontak untuk start engine.
- i. Running program dyno test.
- j. Putar throttle sampai variasi yang ditentukan (10%,25%,50%,75%,100%).
- k. Tahan pada posisi variasi tertentu sampai putaran stabil.
- l. Catat beda ketinggian cairan tiap posisi throttle.
- m. Kembali tutup throttle sampai putaran stationer.
- n. Matikan kunci kontak.
- o. Baca hasil dyno test.
- p. Ulangi prosedur “b” sampai “o” dari variasi yang sudah ditentukan.

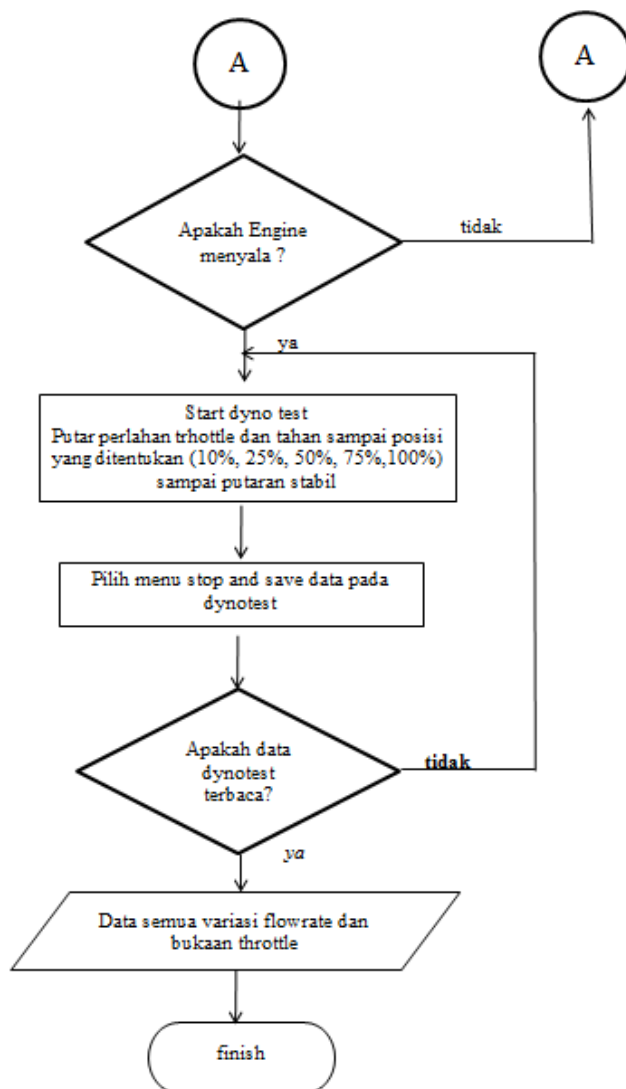
c. Akhir pengujian

Dengan diperolehnya semua data yang diperlukan, data-data tersebut dapat dianalisa dengan perumusan pada buku referensi. Untuk mempermudah proses penganalisaan, hasil perhitungan disajikan dalam bentuk grafik pada setiap variasi tekanan bahan bakar.

3.7 flowchart Pengujian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam flowchart pada gambar 3.13 sebagai berikut:





Gambar 3.13 Flowchart pengujian

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Hasil Penelitian

Pengujian unjuk kerja mesin mobil fin komodo KD 250AT menggunakan bahan bakar gas lpg dengan variasi tekanan dan bukaan throttle didapatkan data-data antara lain Putaran , Daya, Torsi dan Bsfc dan efisiensi. Laju aliran masa pada bahan bakar gas lpg diketahui melalui hasil pengukuran perbedaan ketinggian (H_{pitot}) venturi meter. Perhitungan unjuk kerja didapat dari data hasil pengujian, beberapa data yang diperlukan untuk melakukan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Data engine :
 - a. Jumlah silinder : 1
 - b. Volume langkah : 250 cc
 - c. Siklus : 4 langkah $a = \frac{1}{2}$
2. Data bahan bakar :
 - a. Gas LPG :
 - 1) Lower Heating Value (LHV) : $47000 \frac{kJ}{kg}$
3. Data cairan ukur pada manometer venturi
 - a. Red Oil :
 - 1) *Massa jenis* : $826 \frac{kg}{m^3}$
4. Data variasi bukaan throttle
 - a. posisi throttle ke- 1 : 10 %
 - b. posisi throttle ke- 2 : 25 %
 - c. posisi throttle ke- 3 : 50 %
 - d. posisi throttle ke- 4 : 75 %
 - e. posisi throttle ke- 5 : 100 %
5. Data variasi setting tekanan
 - a. setting ke-1 : 5 mbar
 - b setting ke- 2 : 10 mbar

- | | |
|------------------|-----------|
| c. setting ke- 3 | : 15 mbar |
| d. setting ke- 4 | : 20 mbar |

4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Bahan Bakar Gas LPG

Pengujian unjuk kerja Mesin Mobil Fin Komodo 250AT menggunakan bahan bakar gas LPG akan didapatkan data performa mesin. Pengujian dilakukan dengan metode pengujian menggunakan dynotest. Pengujian menggunakan dynotest akan memperoleh data-data berupa putaran dan daya mesin, sedangkan dari hasil perhitungan akan didapatkan hasil data laju konsumsi bahan bakar dan pemakaian bahan bakar spesifik. Pada tabel data hasil pengujian (terlampir) ditunjukkan pengaturan tekanan bahan bakar gas LPG fungsi bukaan throttle.

4.3 Perhitungan Laju Aliran Massa Bahan Bakar Gas LPG

Perhitungan pada P = 5 mbar

Diketahui :

- | | |
|---|-------------------------|
| a. ketinggian permukaan fluida
pada manometer venturi (Δh) | : 3 cm |
| b. $\rho_{\text{cairan ukur}}$ (red oil) | : 826 kg/m ³ |
| c. Diameter (D_1) | : 4,5 mm |
| d. Diameter (D_2) | : 8 mm |
| e. Temperatur kerja bahan bakar lpg | : 30°C |

- Mencari kecepatan aliran menggunakan persamaan 2.5

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho \cdot g \cdot h = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho \cdot g \cdot h$$

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 - \frac{1}{2} \rho V_2^2 = P_2 - P_1$$

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 - \frac{1}{2} \rho \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \cdot V_1^2 = P_2 - P_1$$

$$\frac{1}{2} \rho V_1^2 - \left[1 - \left(\frac{A_1^2}{A_2^2} \right)^2 \right] = P_2 - P_1$$

$$V_1^2 \left(\frac{A_2^2 - A_1^2}{A_2^2} \right) = \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho}$$

$$V_1^2 = \frac{2 \cdot g \cdot h \cdot A_2^2 (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot A_2^2 - A_1^2}$$

$$V_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot A_2^2 (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot A_2^2 - A_1^2}}$$

$$V_1 = A_2 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot A_2^2 - A_1^2}}$$

$$V_1 = \frac{1}{4} \pi D_2^2 \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h \cdot (\rho - \rho_r)}{\rho \cdot (\frac{1}{4} \pi D_2^2 - \frac{1}{4} \pi D_1^2) - (\frac{1}{4} \pi D_1^2 \cdot \frac{1}{4} \pi D_1^2)}}$$

$$V_1 = \frac{\frac{1}{4} \pi 0,0045^2}{\sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} \cdot 0,03 m \left(2,24 \frac{kg}{m^3} - 826 \frac{kg}{m^3} \right)}{2,24 \frac{kg}{m^3} \cdot (\frac{1}{4} \pi 0,0045^2 - \frac{1}{4} \pi 0,0045^2) - (\frac{1}{4} \pi 0,008^2 \cdot \frac{1}{4} \pi 0,008^2)}}$$

$$V_1 = 7,91034564 \frac{m}{s}$$

- Mencari laju aliran massa gas LPG menggunakan persamaan 2.8

$$\dot{m} = V \times A \times \rho_{LPG}$$

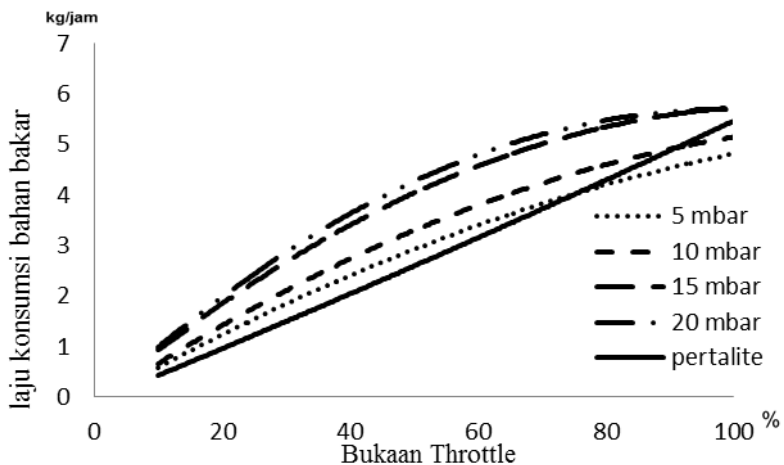
$$\dot{m} = V_1 \times A_1 \times \rho_{LPG}$$

$$\dot{m} = 7,91034564 \frac{m}{s} \times \frac{1}{4} \pi 0,008^2 m \times 2,24 \frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m} = 0,000890211 \frac{kg}{s}$$

$$\dot{m} = 3,2048 \frac{kg}{jam}$$

Perhitungan laju konsumsi bahan bakar Mesin Mobil Fin Komodo 250AT menggunakan bahan bakar gas LPG ditunjukkan pada data hasil pengujian (terlampir). Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan variasi laju konsumsi bahan pada bukaan throttle yang berbeda-beda. Semakin tinggi putaran mesin, maka semakin tinggi laju konsumsi bahan bakarnya. Pada grafik 4.1 ditunjukkan hubungan antara bukaan throttle dengan konsumsi bahan bakar. Konsumsi bahan bakar di hitung dengan cara melihat beda ketinggian cairan alat ukur (pitot venturimeter). Pemakaian bahan bakar semakin naik jika bukaan throttle bertambah besar, hal ini disebabkan karena semakin besar bukaan throttle maka bahan bakar yang masuk ke ruang bakar semakin besar.



Gambar 4.1 Grafik laju aliran massa bahan bakar pertalite dan LPG pada tekanan 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar dan 20 mbar fungsi bukaan throttle

Pada gambar 4.1 ditunjukkan grafik laju konsumsi bahan bakar lpg, laju konsumsi bahan bakar gas LPG terendah terjadi pada setting tekanan bahan bakar 5 mbar dan laju konsumsi bahan bakar tertinggi terjadi pada setting tekanan bahan bakar 20 mbar.

Penambahan setting tekanan menyebabkan kenaikan laju bahan bakar, ditunjukkan pada bukaan throttle 75%, pada setting 5 mbar didapatkan laju bahan bakar sebesar 4,3393 kg/jam pada setting 10 mbar naik menjadi 4,7173 kg/jam, pada setting 15 mbar naik lagi menjadi 5,1675 tetapi pada setting 20 mbar turun menjadi 5,0672.

Pada gambar 4.1 ditunjukkan grafik laju pemakaian bahan bakar pertalite, semakin tinggi bukaan katup gas menyebabkan kevakuman untuk menghisap bahan bakar semakin tinggi sehingga bahan bakar mengalami kenaikan laju konsumsinya. Laju konsumsi bahan bakar pertalite terendah berada pada saat putaran stasioner dan terus mengalami kenaikan yang hampir linier sampai bukaan throttle 100%. Pada throttle 25% sebesar 1,449 kg/jam dan naik sampai bukaan throttle 100% sebesar 5,266 kg/jam. Trend laju konsumsi bahan bakar pertalite dengan bukaan throttle dibawah 75% berada di daerah laju konsumsi bahan bakar terendah jika dibandingkan dengan laju penggunaan bahan bakar LPG, pada bukaan throttle 75% sampai 90% sebesar 5 kg/jam berada diatas setting tekanan bahan bakar LPG 5 mbar dan pada bukaan throttle diatas 90% trend berada diatas setting tekanan 10 mbar.

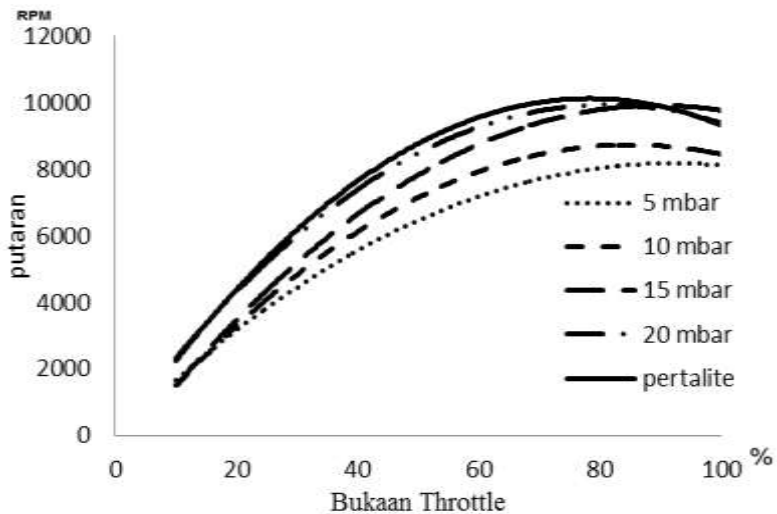
Trend pada grafik 4.1 sesuai dengan teori bahwa semakin besar tekanan pada aliran bahan bakar gas LPG maka jumlah bahan bakar yang mengalir juga semakin banyak. Pada bukaan throttle diatas 75% untuk bahan bakar cair mengalami kenaikan yang lebih drastis sedangkan pada penggunaan bahan bakar gas LPG mengalami kenaikan yang lebih landai. Kenaikan laju konsumsi bahan bakar yang tidak linier ini dikarenakan perbandingan udara dan bahan bakar tidak linier dengan penambahan bukaan throttle. Dari grafik dapat disimpulkan bahwa dengan setting tekanan bahan bakar 5 mbar adalah yang paling mendekati dengan penggunaan bahan bakar pertalite.

4.4 Unjuk Kerja Mesin

4.4.1 Putaran Mesin

Pengujian mesin menggunakan dynotest akan didapatkan data – data berupa kecepatan putar, daya, dan torsi.

Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan variasi putaran pada bukaan throttle yang berbeda-beda. Penambahan bukaan throttle menyebabkan laju konsumsi bahan bakar meningkat sehingga putaran juga semakin tinggi. Hasil data putaran terhadap setting tekanan dan variasi bukaan katup gas ditampilkan pada tabel 4.3.(terlampir). Pada gambar 4.2 ditunjukkan grafik hubungan antara putaran dan bukaan throttle dengan variasi setting tekanan bahan bakar lpg yang berbeda, yaitu dengan variasi tekanan 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar.



Gambar 4.2 Grafik putaran mesin menggunakan bahan bakar pertalite dan gas LPG pada tekanan 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar fungsi bukaan throttle

Pada grafik 4.2 ditunjukkan hubungan antara putaran dengan bukaan throttle pada variasi tekanan bahan bakar gas lpg. Putaran maksimum tidak terjadi pada bukaan throttle maksimal, pada grafik setting tekanan 5 mbar menunjukkan putaran maksimum terjadi pada bukaan katup 85% dengan nilai putaran 8000 rpm. Pada setting tekanan 10mbar, putaran maksimum terjadi

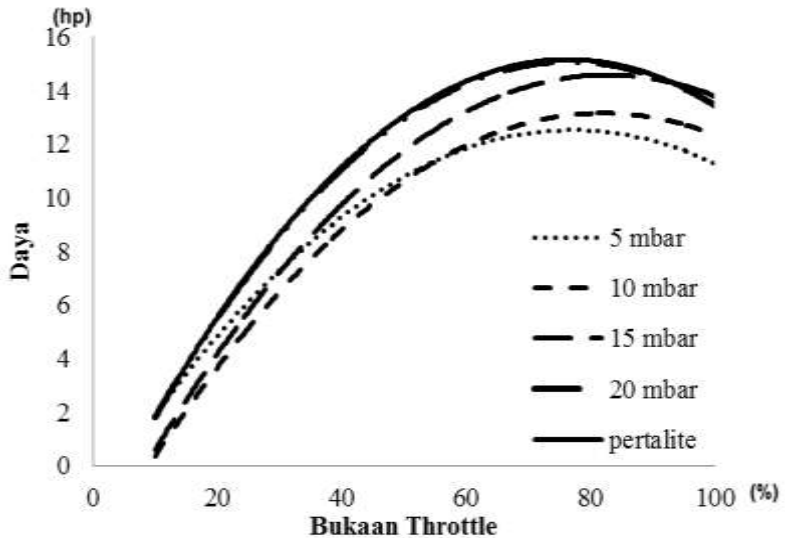
pada bukaan throttle sebesar 87% dengan nilai putaran 8500 rpm. Setting tekanan 15 mbar dan 20 mbar memiliki hasil putaran maksimum yang sama yaitu pada putaran 9800 tetapi putaran tersebut dicapai dengan kondisi bukaan throttle yang berbeda yaitu 78% untuk bukaan throttle pada setting 20 mbar dan 90% bukaan throttle pada setting tekanan 15 mbar. Pada grafik putaran bahan bakar pertalite terhadap variasi bukaan throttle, Penambahan bukaan throttle menyebabkan putaran naik sampai batas bukaan throttle 80%. Penambahan bukaan throttle melebihi 80% menyebabkan putaran menurun. Bukaan throttle optimal terjadi pada bukaan 80% dengan menghasilkan putaran 10000 rpm.

Pada grafik ditunjukkan perbandingan antara putaran dan bukaan throttle pada bahan bakar pertalite dengan bahan bakar gas LPG. Pada grafik perbandingan putaran bahan bakar pertalite dengan bahan bakar gas lpg pada variasi bukaan throttle, putaran tertinggi pada bahan bakar gas LPG terjadi pada setting tekanan 20 mbar yaitu sebesar 9800 rpm didapat pada bukaan throttle 78%, pada bahan bakar pertalite didapatkan putaran maksimum sebesar 10000 rpm didapatkan pada bukaan throttle 78%. Pada bahan bakar pertalite, untuk mencapai putaran 9800 rpm atau sama dengan putaran maksimum dari bahan bakar gas sudah bisa tercapai pada bukaan throttle 60%.

4.4.2 Daya (N)

Pengujian mesin menggunakan dynotest akan didapatkan data – data berupa kecepatan putar, daya, dan torsi. Pada pengujian yang telah dilakukan didapatkan data daya pada variasi bukaan throttle yang berbeda-beda. Hasil data daya terhadap setting tekanan dan variasi bukaan katup gas ditampilkan pada data hasil pengujian (terlampir)

Pada gambar 4.3 ditunjukkan grafik hubungan antara daya dan bukaan throttle dengan variasi setting tekanan bahan bakar lpg yang berbeda, yaitu dengan variasi tekanan 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar. Grafik hubungan daya dengan bukaan throttle ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.3 Grafik daya menggunakan bahan bakar pertalite dan LPG 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar fungsi bukaan throttle

Pada grafik 4.3 ditunjukkan hubungan antara daya dengan bukaan throttle pada variasi tekanan bahan bakar gas lpg. Penambahan bukaan throttle berpengaruh terhadap peningkatan daya mesin, bukaan throttle memiliki nilai bukaan optimum. Pada setting tekanan 5 mbar didapatkan hubungan daya dengan bukaan throttle optimum pada bukaan throttle 75% dengan hasil daya 12 hp. Pada setting tekanan 10 mbar didapatkan hubungan daya dengan bukaan throttle optimum pada bukaan throttle 83% dengan hasil daya 13 hp. Pada setting tekanan 15 mbar didapatkan hubungan daya dengan bukaan throttle optimum pada bukaan

throttle 85% dengan hasil daya 14,3 hp. Pada setting tekanan 20 mbar didapatkan hubungan daya dengan bukaan throttle optimum pada bukaan throttle 80% dengan hasil daya 15 hp.

Pada grafik bahan bakar pertalite fungsi bukaan throttle, Penambahan bukaan throttle menyebabkan daya naik sampai batas bukaan throttle 75%. Penambahan bukaan throttle melebihi 75% menyebabkan daya menurun. Bukaan throttle optimal terjadi pada bukaan 75% dengan menghasilkan daya 15 hp. Pada penggunaan bahan bakar gas LPG, didapat trend performa daya yang sama dengan bahan bakar pertalite pada setting tekanan 20 mbar, hal ini membuktikan bahwa bahan bakar gas lpg dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bahan bakar cair.

4.4.3 Pemakaian bahan bakar spesifik (bsfc)

Untuk menghitung pemakaian bahan bakar spesifik digunakan persamaan sebagai berikut:

Perhitungan pada tekanan 5 mbar dan throttle 75% menggunakan persamaan 2.4 :

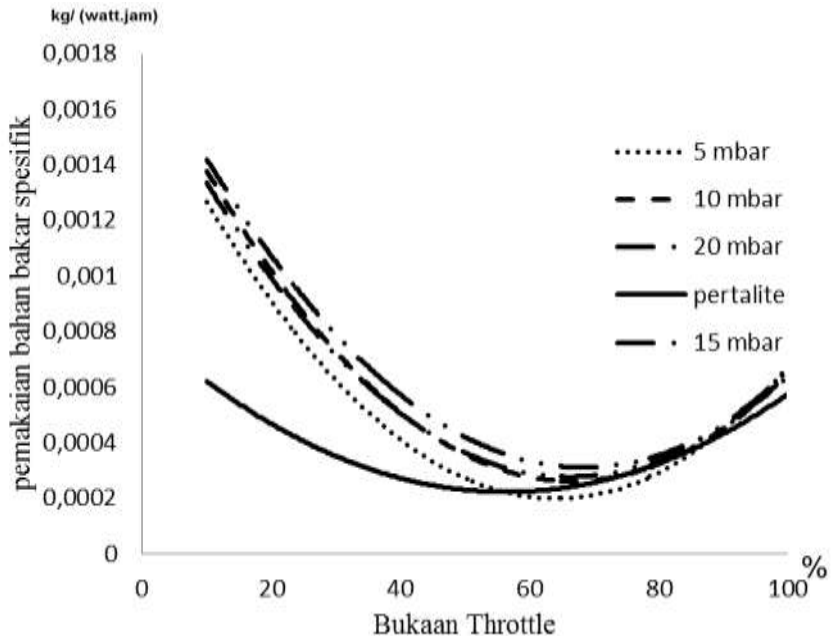
$$BFSC = \frac{4,339 \frac{kg}{jam}}{9325 \text{ watt}}$$

$$BFSC = 4,65337 \times 10^{-4} \frac{kg}{watt \cdot jam}$$

Hasil perhitungan pemakaian bahan bakar spesifik pada setiap variasi seting tekanan bahan bakar gas lpg yaitu 5mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar dengan variasi bukaan throttle yang berbeda setiap pengujian yaitu bukaan throttle 10%, 25%, 50%, 75%, dan 100% ditunjukkan pada tabel 4.5 (terlampir).

Perhitungan konsumsi bahan bakar spesifik pada masing-masing bukaan throttle dan variasi tekanan dimasukkan ke dalam grafik. Pada gambar 4.4 ditunjukkan grafik hubungan antara bfsc dan bukaan throttle pada bahan bakar pertalite dan variasi setting tekanan bahan bakar lpg yang berbeda, yaitu dengan variasi

tekanan 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar. Grafik hubungan daya dan throttle ditunjukkan sebagai berikut.



Gambar 4.4 Bsfc menggunakan bahan bakar pertalite dan LPG pada tekanan 5 mbar, 10 mbar, 15 mbar, 20 mbar fungsi bukaan throttle

Pada gambar 4.4 hubungan antara pemakaian bahan bakar spesifik dengan bukaan throttle pada variasi tekanan bahan bakar gas lpg. Bsfc lebih rendah menunjukkan pemakaian bahan bakar yang lebih sedikit untuk menghasilkan daya yang sama. Pada grafik ditunjukkan perbedaan koordinat bsfc terendah dari setting tekanan bahan bakar yang berbeda. Setting tekanan bahan bakar 5 mbar, bsfc terendah pada bukaan throttle 68% dengan bsfc $2,5 \times 10^{-4}$ kg/(watt.jam), setting tekanan 10 mbar didapatkan nilai , bsfc

terendah pada bukaan throttle 65% dengan bsfc 3×10^{-4} kg/(watt.jam), pada setting tekanan 15 mbar didapatkan nilai , bsfc terendah pada bukaan throttle 72% dengan bsfc $3,5 \times 10^{-4}$ kg/(watt.jam), pada setting tekanan 20 mbar didapatkan nilai , bsfc terendah pada bukaan throttle 63% dengan bsfc 4×10^{-4} kg/(watt.jam). Pemakaian bahan bakar paling sedikit diperoleh dari setting tekanan 5 mbar.

Pada rentang bukaan throttle 40% sampai 70% merupakan daerah mesin beroperasi pada kebutuhan bahan bakar spesifik yang rendah. Pada rentang bukaan throttle 40% sampai 70% dibutuhkan pemakaian bahan bakar spesifik kurang dari 2×10^{-4} kg/(watt.jam), Pada grafik perbandingan bsfc bahan bakar pertalite dengan bsfc bahan bakar gas lpg pada variasi bukaan throttle, didapat trend Bsfc terendah pada setting tekanan 5 mbar dan Bsfc terkecil bahan bakar lpg sedikit lebih rendah dari pada bahan bakar pertalite, bsfc bahan bakar LPG terendah pada bukaan throttle 65% dengan nilai bsfc 2×10^{-4} kg/(watt.jam), dan Bsfc bahan pertalite terendah pada bukaan throttle 55% dengan nilai bsfc 2×10^{-4} kg/(watt.jam). Pada bahan bakar pertalite memiliki rentang bukaan throttle lebih lebar untuk beroperasi pada bsfc rendah, grafik menunjukkan data untuk mencapai bsfc 3×10^{-4} kg/(watt.jam) dapat dilakukan pada bukaan throttle 40% sampai 75% untuk bahan bakar pertalite dan 50% sampai 80% bukaan throttle untuk bahan bakar gas LPG.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada uji coba optimasi daya motor 4 langkah 250cc berbahan bakar gas pada putaran konstan dengan variasi tekanan bahan bakar dan bukaan katup (throttle) ini diperoleh beberapa kesimpulan baik dalam proses sebelum pengujian maupun setelah pengujian yang diantaranya dapat diuraikan singkat dibawah ini:

1. Trend laju konsumsi bahan bakar gas lpg tertinggi terjadi pada setting tekanan 20 mbar dengan laju konsumsi bahan bakar minimum 0,5851 kg/jam dan maksimum 5,7923 kg/jam, sedangkan Trendline laju konsumsi bahan bakar gas lpg terendah terjadi pada setting tekanan 5 mbar dengan laju konsumsi bahan bakar minimum 0,5851 kg/jam dan maksimum 4,7173kg/jam.
2. Putaran optimum tertinggi didapat dari setting tekanan 20 mbar pada bukaan throttle 78% dan diperoleh putaran 9800 rpm, sedangkan Putaran optimum terendah didapat dari setting tekanan 5 mbar pada bukaan throttle 85% dan diperoleh putaran 8000 rpm
3. Pemakaian bahan bakar spesifik paling optimum terjadi pada setting tekanan 5 mbar dengan bukaan throttle 65% dan bsfc 2×10^{-4} kg/(watt.jam).
4. Untuk mendapatkan performa daya yang sama antara bahan bakar pertalite dengan LPG digunakan setting tekanan bahan bakar LPG 20 mbar

5.2 Saran

1. Pada pengujian sebaiknya digunakan metode variasi pembebanan.

2. Pengujian menggunakan alat ukur flowmeter yang miliki ketelitian tinggi.
3. Bahan bakar dijaga pada kondisi temperatur konstan.
4. Pengukuran bukaan throttle menggunakan throttle position sensor.

Daftar pustaka

- [1] Brenda, Brevitt, 2002. “ Alternative Vehicle Fuels: Science Environment Section” **House of Commons Library**, Research Paper 02/11
- [2] Agustiawan, K., 2013. **Indonesia dan Ketahanan Energi**, <URL://<http://www.pertamina.com/news-room/pidato-dan-artikel/indonesiadan-ketahananenergi/>>
- [3] Muji Setyo, 2014. “Investigasi Penurunan Daya Mobil Berbahan Bakar Lpg Melalui Pengukuran Efisiensi Volumetrik”. **Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014**, 2407 – 1846
- [4] M. J, Moran dan H. N, Shapiro. 2006. **Fundamentals of Engineering Thermodynamics**, Edisi 5, Jhon Willey & Sons, New York.
- [5] Hakim, Arif Rahman, 2015. **Studi Perbandingan Unjuk Kerja Mesin Bensin Empat Langkah Satu Silinder Menggunakan Bahan Bakar Bensin Dan Gas Lpg**. Surabaya : Institit teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Brenda, Brevitt. 2002. “Alternative Vehicle Fuels. Science and Evironment Section”. **House of Commons library**. Room 407, 1 Derby Gate, London, hal.46-47.
- [7] Motorsatria, 2016. **Pengertian Karburator dan Cara Kerja Karburator**, <URL://<http://motorsatria.com/cara-kerja-karburator/>>
- [8] Darade, P.M et al. 2013. “Investigation of Performance and emission of CNG Fueled VCR engine”. **International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering**. ISSN 2250-2459, ISO 9001:2008 vol 3.
- [9] Heywood, JB. 1998. **Internal Combution Engine Fundamental**. Mc Graw Hill. New York, USA.
- [10] Mockus.S, Laurencas. R, Arturas. K, Neringa.K and Martynes.S (2013). “Liquefied petroleum gas (LPG) as a medium-term option in the transition to sustainable fuels and transport”. **Renewable and sustainable energy review**, no.32, 513-525.

- [11] Norazlan. 2008. **The Study of Combustion Characteristics for Different Compositions of LPG.** Faculty of Chemical and Natural Resources Engineering: Universiti Malaysia Pahang.
- [12] Saha, Ujjwal K. 2015. **Lecture-17: Internal Combustion Engine.** Department of Mechanical Engineering: Indian Institut of Guwahati.
- [13] Sitorus, Tulus B. 2002. **Tinjauan Pengembangan Bahan Bakar Gas sebagai Bahan Bakar Alternatif.** Jurusan Teknik Mesin : USU.

BIOGRAFI PENULIS



Sapto Wisasno, Lahir di Tulungagung pada tanggal 8 juli 1992. Dia merupakan anak ketujuh dari tujuh bersaudara. Ayahnya bernama Sohin dan Ibunya bernama Suprilin. Jenjang Karir akademiknya TK, SD, dijalani di desa banjarejo, SMP dijalaninya di kecamatan Rejotangan, setelah itu dilanjutan ke SMKN 1 Blitar. Setelah 1 Blitar, ITS Surabaya merupakan pelabuhan yang ditakdirkan Allah SWT pada tahun 2011 untuknya dalam menuntut ilmu di bangku kuliah pada jurusan D3 Teknik Mesin, bidang studi Konversi Energi. Selain kesibukannya sebagai seorang mahasiswa, dia juga sekaligus menjadi Anggota tim riset mobil listrik D3 Teknik Mesin ITS. Pada tahun 2014 dberi kesempatan melanjutkan studi ke S1 Teknik Mesin ITS melalui program lintas jalur.

Lampiran 1. Data Hasil Pengujian

Tekanan	Bukaan Throttle (%)	Putaran (Rpm)	m (Kg/Jam)	Daya (Hp)	Daya (Watt)	Bfsc (kg/watt.jam)
5 mbar	10	1800	0,5851	0,5	373	0,00156865
	25	3800	1,6549	8,8	6564,8	0,000252092
	50	6000	2,6167	9,3	6937,8	0,000377162
	75	8500	4,3393	12,5	9325	0,000465337
	100	7900	4,7173	11,5	8579	0,000549864
10 mbar	10	1800	0,5851	0,5	373	0,00156865
	25	3500	2,0269	4,8	3580,8	0,000566038
	50	7500	2,9255	11	8206	0,000356511
	75	8600	4,7173	12,8	9548,8	0,000494018
	100	8400	5,0672	12,4	9250,4	0,000547779
15 mbar	10	1800	0,5851	0,5	373	0,00156865
	25	3700	2,9255	5,6	4177,6	0,00070029
	50	8400	3,7005	12,59	9392,14	0,000394004
	75	9400	5,1675	13,5	10071	0,000513109
	100	9800	5,7923	14,1	10518,6	0,000550668
20 mbar	10	1800	0,5851	0,5	373	0,00156865
	25	6100	3,2048	9,3	6937,8	0,000461928
	50	8300	3,925	12,6	9399,6	0,000417572
	75	9500	5,266	14	10444	0,000504209
	100	9600	5,7923	14	10444	0,000554602